

**КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

БЕГЕЙ БОГДАН ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 332.1+656

ДИСЕРТАЦІЯ

**ОЦІНКА ПРИВАБЛИВОСТІ РЕГІОНАЛЬНИХ ЛОГІСТИЧНИХ
СИСТЕМ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ СТАЛОГО
РОЗВИТКУ**

Спеціальність: 051 – економіка

Галузь знань: 05 – соціальні та поведінкові науки

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Б.В. Бегей

Науковий керівник: **Дмитришин Леся Ігорівна**, доктор економічних наук,
професор

Івано-Франківськ – 2026

АНОТАЦІЯ

Бегей Б.В. Оцінка привабливості регіональних логістичних систем України з урахуванням факторів сталого розвитку. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 Економіка. – Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, Міністерство освіти і науки України, Івано-Франківськ, 2026.

У дисертаційній роботі розроблено теоретико-методичні засади та прикладні рекомендації щодо аналізу та оцінки сучасного стану та тенденцій формування регіональних логістичних систем в Україні, виявлення їх проблем та перешкод, розроблення теоретичних і практичних рекомендацій щодо їх подолання та покращення з урахуванням чинників сталого розвитку.

Досліджено сутнісні характеристики регіональних логістичних систем (РЛС). Зокрема, за допомогою інформаційно-пошукової системи GoogleTrends проведено аналіз таких дефініцій, як «Логістика», «Логістична система», «Транспортна логістика», «Транспортно-логістична система», «Логістична модель», «Регіональні логістичні системи України», «Регіональна логістична система» та «Регіон». Виявлено, що короткі пошукові запити користуються більшою популярністю, ніж довгі. Тому встановлено необхідність проведення контент-аналізу об'єкту дослідження дисертаційної роботи. Визначено місце регіональної логістичної системи в загальній класифікації логістичних систем. На його основі визначено сутність дефініції «Регіональна логістична система» як множини взаємопов'язаних об'єктів та суб'єктів, які реалізують доведення різних видів потоків від конкретного виробника до його споживачів в регіоні, утворюють єдине ціле, взаємодіють із зовнішнім середовищем та між собою, з метою оптимізації логістичних витрат.

Проведено порівняльний аналіз світового і вітчизняного досвіду формування і розвитку регіональних логістичних систем. Більшість українських науковців схиляються до думки, що таке дослідження повинно базуватись на ієрархічному (рівневому) підході, а формування логістичної системи залежить,

на їх думку, від рівня агрегування логістичної взаємодії. Причому чим вищий рівень логістичної системи, тим більше вона має переваг та можливостей. Зарубіжні автори підходять до формування регіональних логістичних систем з позицій менеджменту, тобто підвищення їх ефективності за рахунок управління. Світовий досвід формування регіональних логістичних систем базується на створенні мультимодальних центрів, інтеграції різних видів транспорту та активній ролі держави. В Україні розвиток таких систем перебуває на етапі становлення, зосереджений на модернізації інфраструктури, інтеграції з ЄС та формуванні логістичних хабів.

Систематизовано основні підходи до дослідження сталого розвитку логістики. Традиційну логістику та ланцюги постачання порівняно із практиками сталої логістики, зеленого ланцюга постачання, впровадження інновацій в логістиці, інфраструктурного підходу, зеленої логістики та оцінки екологічної ефективності логістики. Встановлено, що цим підходам, як правило, бракує глибокого багатовимірного аналізу сталого розвитку (економіка, довкілля та суспільство). Взаємозв'язок між логістикою та факторами сталого розвитку також відсутній на макро- та мезорівні.

Сприяння розвитку регіональних логістичних систем стало обов'язковим для зниження витрат на логістику в реальній економіці та посилення ендогенної складової економічного розвитку. Побудовано систему оцінки РЛС, що складається з 17 показників в чотирьох вимірах: масштаб результату, якість роботи, соціальний внесок і зелений слід. Система індексів відображає як масштаб і ефективність логістичної галузі, так і її вплив на навколишнє середовище в процесі розвитку. Крім того, ця система відображає як зміни в самій галузі логістики, так і внесок її розвитку в інші галузі та засоби до існування людей.

Проведено комплексний аналіз характеристик РЛС з точки зору просторової та часової еволюції, динаміки розподілу та регіональних відмінностей. Проаналізовано характеристики змін і шаблони розподілу рівнів РЛС, як у часовій, так і в просторовій перспективі, і використано вдосконалений

метод ентропійної ваги, оцінку щільності ядра для аналізу динаміки розподілу РЛС і чіткого зображення еволюційної моделі рівня РЛС. Для вивчення регіональних відмінностей у РЛС використано коефіцієнт Джині, який дозволяє виявляти основні джерела відмінностей, що надало наукові докази для скорочення розриву в розвитку логістичної галузі в різних регіонах.

Побудовано модель географічної та часової зваженої регресії (GTWR), щоб виявити неоднорідний вплив кожного фактора на РЛС. Результат дослідження показав, що рівень РЛС змінювався із середньорічними темпами зростання -0,04 % між 2002 та 2024 роками, однак із значними регіональними та міжобласними відмінностями. РЛС у всій країні та п'яти основних регіонах були біполярними або мультиполярними, з характерними градієнтними характеристиками. Загальна різниця РЛС в основному виникла через відхилення у зростанні між п'ятьма основними регіонами, і ця різниця постійно збільшувалася. Вплив різних факторів на РЛС характеризувався просторовою та часовою неоднорідністю. Зокрема, позитивний вплив інноваційного потенціалу, рівня цифровізації, інвестицій, транспортної інфраструктури та екологічного регулювання на розвиток логістичної галузі поступово зростає з часом. Він був сильнішим для східного регіону, ніж для західного. Навпаки, стимул промислової агломерації до РЛС зменшився, а регіон високої вартості її позитивного впливу змістився зі сходу до центру.

У дослідженні визначено компроміси та мотивації регіональних логістичних систем щодо розвитку сталої логістики. Зроблено висновок, що інвестиції у сфері сталого розвитку змінюють структуру витрат РЛС, впливають на вподобання споживачів та рівень забруднення, але водночас можуть не забезпечувати повного покриття інвестиційних витрат. Доведено, що розвиток сталої логістики впливає на операційні та стратегічні рішення РЛС, зокрема у їхній взаємодії з іншими учасниками ланцюга постачання, змінюючи прибутковість та структуру витрат. Обґрунтовано, що рівень сталості логістики має визначатися самими РЛС як стратегічне рішення, а не задаватися екзогенно державними програмами. Встановлено, що ціна послуги перевезення вантажів

відіграє ключову роль у стратегії сталого розвитку РЛС, оскільки впливає на конкурентоспроможність, прибутки та потенціал координації між економічною та екологічною стійкістю. З'ясовано, що фактори сталого розвитку мають прямий вплив на прийняття рішень щодо розташування логістичних центрів, що підтверджується сучасними дослідженнями та практиками. Підтверджено, що сталий розвиток став одним із головних пріоритетів у логістичній галузі, де зростання обсягів перевезень викликає екологічні та соціальні виклики. Незважаючи на те, що Проєкт Стратегії сталої логістики та План дій для України так і не були реалізовані через пандемію та війну, доведено актуальність впровадження цілей сталого розвитку у діяльність українських РЛС. Виявлено зв'язок між Національною транспортною стратегією до 2030 року та Проєктом Стратегії сталої логістики, що створює основу для інтеграції принципів економічної, соціальної та екологічної сталості у розвиток регіональних логістичних систем України.

Проведене дослідження показало, що прискорення економічної глобалізації позиціонувало регіональні логістичні системи як ключовий канал товарообігу, але водночас загостило екологічні проблеми через високий рівень викидів та ресурсне навантаження. Світовий ринок логістики демонструє стрімке зростання, проте його вуглецева інтенсивність залишається значною перешкодою для досягнення цілей сталого розвитку. Встановлено, що традиційні методи оптимізації логістики, засновані на статичних правилах, є недостатніми для управління сучасними викликами. Доведено, що цифровізація (IoT, великі дані, цифрові двійники, блокчейн) та алгоритми штучного інтелекту відкривають нові можливості для підвищення енергоефективності, зниження викидів та інтеграції екологічних показників у логістичні процеси. З'ясовано, що цифрові технології можуть одночасно сприяти екологічній стійкості та створювати нові ризики через зростання енергоспоживання, що потребує збалансованого підходу. Підтверджено, що комплексні системи екологічної оцінки (LCA, MFA, GIS) у поєднанні з інтелектуальними алгоритмами здатні забезпечити багатовимірний аналіз сталості логістики. Таким чином, обґрунтовано необхідність переходу від

ізолюваних експериментів до системної трансформації РЛС, яка поєднує технологічні інновації, регуляторну узгодженість та міжрегіональну співпрацю. Це створює основу для інтеграції економічної, соціальної та екологічної складових у розвиток логістики та наближення до цілей вуглецевої нейтральності.

Встановлено, що раціональність організації регіональної логістичної системи впливає на розвиток регіону. А вимірювання та розрахунок сили гравітації вузла є важливим аспектом, що впливає на схему логістичної мережі. Сьогодні традиційна гравітаційна модель не може належним чином виміряти стан мережі. Зосереджено увагу на вимірюванні вузлової сили гравітації в логістичній мережі та запропоновано вдосконалену гравітаційну модель з урахуванням ролі економічного, соціального та екологічного ризик-факторів політики сталого розвитку. Кількісна оцінка ризик-факторів робить вимірювання більш реалістичним. Традиційну та вдосконалену гравітаційні моделі протестовано на регіональних логістичних системах України. Результати показали, що на ці системи значною мірою впливають ризик-фактори політики сталого розвитку, які явно змінюють вагу вузлів і навіть змінюють рівень привабливості логістики. Показано, що традиційна гравітаційна модель ігнорує вплив кількісної оцінки ризик-факторів на привабливість регіональних логістичних систем, а покращена гравітаційна модель має більш практичне значення. Зроблено висновок, що на рівень привабливості регіональних логістичних систем впливають як самі ризик-фактори політики сталого розвитку, так і їх питома вага. Визначено роль вагових коефіцієнтів ризик-факторів політики сталого розвитку, що дало можливість об'єктивніше підійти до аналізу їх впливу на логістичну привабливість та збалансувати ресурси регіональних логістичних систем, щоб деякі регіони з меншими ресурсними перевагами могли отримати більше ресурсів і збільшити свою привабливість.

Ключові слова: логістична система/регіональна логістична система, логістика, логістичне підприємство, логістична модель, логістична привабливість, логістичні хаби, ланцюг постачання/ланцюг поставок, регіон,

сталий розвиток, транспортна інфраструктура, вантажні перевезення, якість експлуатації, соціальний внесок, штучний інтелект, блокчейн.

ABSTRACT

Behei B.V. Assessment of regional logistics systems' attractiveness in Ukraine under sustainable development factors. Qualification scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 051 Economics. – Vasyl Stefanyk Carpathian National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Ivano-Frankivsk, 2026.

The dissertation work develops theoretical and methodological principles and applied recommendations for the analysis and assessment of the current state and trends in the formation of regional logistics systems in Ukraine, the identification of their problems and obstacles, the development of theoretical and practical recommendations for their overcoming and improvement, taking into account sustainable development factors.

Researched essential characteristics of regional logistics systems (RLS). In particular, with the help of information search systems Google Trends analyzed definitions such as «Logistics», «Logistics system», «Transportation logistics», «Transport and logistics system», «Logistics model», «Regional logistical systems of Ukraine», «Regional logistics system» and «Region». It was found that short search requests use bigger popularity than long. Therefore, it is established necessity conducting content analysis object research dissertation work. Defined place regional logistic systems in general classifications logistics systems. On his basis determined essence definitions «Regional logistics system» as a plural interconnected objects and subjects that implement proof different species streams from a specific manufacturer to its consumers in the region, form the only one whole, interact from external environment and among themselves, in order to optimize logistic expenses.

A comparative analysis of global and domestic experience formation and development of regional logistics systems. Most Ukrainian scientists are inclined to believe that such research should be based on a hierarchical (level) approach, and the

formation of a logistics system depends, in their opinion, on the level of aggregation of logistics interaction. Moreover, the higher the level of the logistics system, the more advantages and opportunities it has. Foreign authors approach the formation of regional logistics systems from the perspective of management, that is, increasing their efficiency through management. The world experience in the formation of regional logistics systems is based on the creation of multimodal centers, the integration of various types of transport and the active role of the state. In Ukraine, the development of such systems is at the stage of formation, focused on the modernization of infrastructure, integration with the EU and the formation of logistics hubs.

The main approaches to the study of sustainable logistics development are systematized. Traditional logistics and supply chains are compared with the practices of sustainable logistics, green supply chains, the introduction of innovations in logistics, the infrastructure approach, green logistics and the assessment of the environmental efficiency of logistics. It is established that these approaches, as a rule, lack a deep multidimensional analysis of sustainable development (economy, environment and society). The relationship between logistics and sustainable development factors is also absent at the macro- and mesolevels.

Promoting the development of regional logistics systems has become mandatory for reducing logistics costs in the real economy and strengthening the endogenous component of economic development. A system for assessing the RLS has been built, consisting of 17 indicators in four dimensions: the scale of the result, the quality of work, the social contribution and the green footprint. The index system reflects both the scale and efficiency of the logistics industry, and its impact on the environment in the process of development. In addition, this system reflects both changes in the logistics industry itself and the contribution of its development to other industries and people's livelihoods.

A comprehensive analysis of the characteristics of the RLS was carried out from the perspective of spatial and temporal evolution, distribution dynamics and regional differences. The characteristics of changes and distribution patterns of the RLS levels were analyzed, both in temporal and spatial perspectives, and the improved entropy

weight method and kernel density estimation were used to analyze the dynamics of the RLS distribution and clearly depict the evolutionary pattern of the RLS level. The Gini coefficient was used to study the regional differences in the RLS, which allows identifying the main sources of differences, which provided scientific evidence for narrowing the gap in the development of the logistics industry in different regions.

A geographical and temporal weighted regression (GTWR) model was constructed to reveal the heterogeneous impact of each factor on the RLS. The research result showed that the RLS level changed with an average annual growth rate of -0.04% between 2002 and 2024, but with significant regional and inter-regional differences. The RLS in the whole country and the five major regions were bipolar or multipolar, with characteristic gradient characteristics. The overall difference in RLS mainly arose from the deviation in growth among the five major regions, and this difference was constantly increasing. The impact of various factors on RLS was characterized by spatial and temporal heterogeneity. In particular, the positive impact of innovation potential, digitalization level, investment, transport infrastructure and environmental regulation on the development of the logistics industry gradually increased over time. It was stronger for the eastern region than for the western region. On the contrary, the incentive of industrial agglomeration to the RLS decreased, and the region of high value of its positive impact shifted from the east to the center.

In the study determined compromises and motivation of regional logistics systems for the development of sustainable logistics. Done conclusion that investments in the field sustainable development change structure radar costs, effect on preference consumers and level pollution, but simultaneously cannot ensure full coverage of investment costs. It has been proven that the development of sustainable logistics effects on operating rooms and strategic radar solutions, particularly in their interactions with others participants chains supply, changing profitability and structure expenses. It is justified that level sustainability logistics has to be determined by the radars themselves as strategic decision, and not be set exogenously by state programs. It has been established that the price of transportation services cargo plays key role in strategy sustainable development of radar, because effects on competitiveness, profits

and potential coordination between economic and environmental sustainability. It has been found that the factors of sustainable development have direct influence on adoption solutions of arrangement logistic centers that is confirmed by modern research and practices. It has been confirmed that sustainable development has become one from main priorities in logistics industries where growth volumes transportation causes ecological and social challenges. Despite the fact that the Draft Strategy for Sustainable Logistics and Plan actions for Ukraine no way were implemented through pandemic and war, proven topicality implementation goals sustainable development in the activities of Ukrainian radar stations. A connection was found between the National Transport strategy by 2030 and the Sustainable Logistics Strategy Project, which creates basis for integration principles economic, social and ecological sustainability in development regional logistic systems Ukraine.

Conducted research showed that acceleration economic globalization positioned regional logistical systems as key channel turnover, but simultaneously exacerbated ecological problems through high level emissions and resource load. World market logistics demonstrates rapid growth; however, its carbon intensity remains significant obstacle to achieve sustainable development goals. It has been found that traditional optimization methods logistics, based on static rules, are insufficient for management modern challenges. It has been proven that digitalization (IoT, large data, digital twins, blockchain) and algorithms artificial intelligence open new opportunities for increase energy efficiency, reduction emissions and integration environmental indicators into logistics processes. It has been found that digital technologies can simultaneously promote ecological stability and create new risks through growth energy consumption, which needs balanced approach. It has been confirmed that complex systems ecological assessments (LCA, MFA, GIS) combined with intelligent algorithms capable provide a multidimensional analysis of logistics sustainability. Thus, the need for a transition is justified from isolated experiments to systemic transformation of the radar, which combines technological innovation, regulatory consistency and interregional cooperation. This creates basis for integration economic, social and ecological components in development logistics and approximation to goals carbon neutrality.

It is established that the rationality of the organization of the regional logistics system affects the development of the region. And the measurement and calculation of the gravity force of the node is an important aspect that affects the scheme of the logistics network. Today, the traditional gravity model cannot properly measure the state of the network. The focus is on measuring the nodal gravity force in the logistics network and an improved gravity model is proposed, taking into account the role of economic, social and environmental risk factors of sustainable development policy. Quantitative assessment of risk factors makes the measurement more realistic. The traditional and improved gravity models were tested on regional logistics systems of Ukraine. The results showed that these systems are significantly affected by the risk factors of sustainable development policy, which clearly change the weight of nodes and even change the level of attractiveness of logistics. It is shown that the traditional gravity model ignores the impact of quantitative assessment of risk factors on the attractiveness of regional logistics systems, and the improved gravity model has more practical significance. It is concluded that the level of attractiveness of regional logistics systems is influenced by both the risk factors of sustainable development policy themselves and their specific weight. The role of weight coefficients of risk factors of sustainable development policy is determined, which made it possible to more objectively approach the analysis of their impact on logistics attractiveness and balance the resources of regional logistics systems so that some regions with fewer resource advantages could receive more resources and increase their attractiveness.

Keywords: logistics system/regional logistics system, logistics, logistics enterprise, logistics model, logistics attractiveness, logistics hubs, supply chain/supply chain, region, sustainable development, transport infrastructure, freight transportation, quality of operation, social contribution, artificial intelligence, blockchain.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Бегей Б.В. Сутнісні характеристики регіональних логістичних систем. *Наукові перспективи*. 2024. № 6(48). С. 324-337. (0,58 д.а.).

DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-6\(48\)-324-337](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-6(48)-324-337)

URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/np/article/view/12766/12828>

2. Дмитришин Л.І., Бегей Б.В. Оцінка привабливості регіональних логістичних систем та їх ризик-фактори: гравітаційне моделювання. *Наука і техніка сьогодні*. 2024. № 13(41). С. 220-241. *Особистий внесок (0,6 д.а.): реалізовано гравітаційну модель оцінки привабливості РЛС з урахуванням факторів сталого розвитку (0,92 д.а.).*

DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13\(41\)-220-241](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13(41)-220-241)

URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/18131/18186>

3. Бегей Б.В., Петришак П.В. Побудова системи оцінки показників розвитку регіональних логістичних систем. *Грааль науки*. 2025. № 57. С. 256-269. *Особистий внесок (0,3 д.а.): розроблено перелік індикаторів для оцінки розвитку регіональних логістичних систем (0,58 д.а.).*

DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.10.2025.024>

URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/17.10.2025/45>

4. Бегей Б.В. Дослідження просторово-часової неоднорідності факторів впливу на розвиток регіональних логістичних систем за допомогою моделі GTWR. *Економіка та суспільство*. 2025. № 78. (0,5 д.а.).

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-112>

URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/6583/6522>

5. Бегей Б.В. Оцінка рівня розвитку регіональних логістичних систем на основі вдосконаленого методу ентропійної ваги. *Проблеми економіки*. 2025. № 3. С. 299-311. (0,46 д.а.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2025-3-299-311>

URL: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2025-3_0-pages-299_311.pdf

Матеріали наукових конференцій

6. Русин Р.С., **Бегей Б.В.** Використання інформаційних технологій Data Science для малих підприємств. *Сучасний стан та перспективи розвитку науки : матеріали Міжнародної наукової конференції* (Т.1) (Ужгород, 18 грудня, 2020 р.). Ужгород, Україна: Молодіжна наукова ліга, 2020. С. 39-40. *Особистий внесок (0,05 д.а.): запропоновано використання Data Science для аналізу підприємств (0,08 д.а.).*

7. Бегей Б.В. Контент-аналіз регіональної логістичної системи. *Новітні підходи до забезпечення економічної стабільності: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Східноєвропейський центр наукових досліджень. (Суми, 14 червня 2024 р). Research Europe, 2024. С.12-17. (0,25 д.а.)

URL: <https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2024/06/re-14.06.2024.pdf>

8. Бегей Б.В. Гравітаційна модель оцінки привабливості регіональних логістичних систем. *Economics, finance, accounting and law: strategic priorities for development in the context of globalization: International scientific-practical conference*. Scholarly Publisher ICSSH. (Aarhus, Denmark, December 21, 2024). Aarhus, Denmark, 2024. С.34-36. (0,13 д.а.)

URL: <https://www.economics.in.ua/2024/12/21.html>

9. Бегей Б.В. Застосування удосконаленого методу ентропійної ваги для оцінки розвитку регіональних логістичних систем. *Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці: матеріали IX Міжнародної науково-методичної конференції*. (Чернівці, 24 - 25 квітня 2025 р.). С.23-24. (0,08 д.а.)

URL: <https://drive.google.com/file/d/1BZgCXeBLUATBjBthJDZqEzkZ2yZmWU2B/view>

10. Бегей Б.В. Застосування моделі GTWR для дослідження впливу факторів на регіональні логістичні системи. *Моделювання економіки: проблеми,*

тенденції, досвід: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції форуму молодих економістів-кібернетиків. (Львів, 21-22 листопада 2025 р.). С.91-93. (0,08 д.а.)

URL: https://econom.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/12/2025_Zbirnyk-OK-NEW-1.pdf

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	16
Розділ 1. Теоретичні основи формування і розвитку регіональних логістичних систем	23
1.1. Сутнісні характеристики регіональних логістичних систем	23
1.2 Світовий та український досвід формування і розвитку регіональних логістичних систем	35
1.3. Аналіз підходів щодо сталого розвитку логістики	44
Розділ 2. Аналіз відмінностей та факторів впливу на розвиток регіональних логістичних систем в Україні	53
2.1. Побудова системи оцінки показників розвитку регіональних логістичних систем	53
2.2. Оцінка рівня розвитку регіональних логістичних систем на основі вдосконаленого методу ентропійної ваги	69
2.3. Дослідження просторово-часової неоднорідності факторів впливу на розвиток регіональних логістичних систем за допомогою моделі GTWR	88
Розділ 3. Формування сталого розвитку регіональних логістичних систем	106
3.1. Узгодження цілей сталого розвитку та розвитку РЛС	106
3.2. Цифровізація логістики для переходу до сталого розвитку	117
3.3. Оцінка привабливості регіональних логістичних систем з врахуванням факторів сталого розвитку на основі гравітаційного моделювання	131
Висновки	154
Список використаних джерел	159
Додатки	177

ВСТУП

Актуальність теми. Раціональна організація регіональних логістичних систем є ключовим чинником розвитку регіонів, адже вона визначає ефективність використання ресурсів та рівень їхньої привабливості. Сучасні виклики глобалізації та сталого розвитку зумовлюють потребу у нових підходах до оцінки та розвитку регіональних логістичних систем України. Традиційні моделі не враховують комплексного впливу економічних, соціальних та екологічних факторів, що обмежує їх практичну значущість. Вдосконалені методи — гравітаційна модель із ризик-факторами, система оцінки з багатовимірними показниками та інтеграція цифровізації й штучного інтелекту — забезпечують більш реалістичне та комплексне бачення розвитку РЛС. Це створює основу для підвищення конкурентоспроможності регіонів, їх інтеграції у національний простір сталого розвитку та наближення до глобальних цілей вуглецевої нейтральності. Все вище наведене зумовлює актуальність обраної теми дослідження.

Дослідження регіональних логістичних систем наведено у працях таких вчених, як: Благун І., Брагінський В., Корінь М., Лещук Г., Лисько Т.Г., Машканцева С., Михайлик Н., Мороз О., Перебийніс О., Судук Н., Фролова Л. Виявлення взаємозв'язку між розвитком регіональних логістичних систем та політикою сталого розвитку присвячено праці Аббасі М., Гонсалвеса Х., Дзюбановської Н., Дмитришин Л., Картера К., Коблянської І., Косіматоса С., МакКіннон А., Мішеніна Є., Муси М., Нільссона Ф., Шовона Р. Втім комплексного дослідження, яке враховує оцінку привабливості регіональних логістичних систем з урахуванням факторів сталого розвитку в (по)воєнних умовах в Україні наразі в повній мірі не висвітлено. Це й спричинило вибір теми дисертаційної роботи та її науково-прикладне значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Результати дисертаційної роботи відповідають плану наукових досліджень Карпатського національного університету імені Василя Стефаника, а саме: «Моделювання

процесів управління в соціально-економічних системах» (номер державної реєстрації 0113U005083, 2013–2027 рр.), де автором розроблено та реалізовано комплекс моделей оцінки привабливості регіональних логістичних систем з урахуванням факторів сталого розвитку в Україні.

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення теоретико-методичного забезпечення та практичного інструментарію оцінки привабливості регіональних логістичних систем з урахуванням факторів сталого розвитку в Україні.

Для досягнення поставленої мети дослідження в роботі поставлено такі завдання:

- Визначити ключові ознаки та функції регіональних логістичних систем.
- Дослідити світовий і вітчизняний досвід формування і розвитку регіональних логістичних систем.
- Систематизувати основні концепції сталого розвитку в логістиці.
- Розробити перелік індикаторів для оцінки розвитку РЛС.
- Провести комплексний аналіз характеристик регіональних логістичних систем з позицій просторової та часової еволюції, динаміки розподілу та регіональних відмінностей.
- Побудувати GTWR-модель для аналізу факторів впливу.
- Визначити точки перетину між ЦСР та розвитком РЛС.
- Дослідити роль цифрових технологій у забезпеченні сталого розвитку логістики.
- Побудувати гравітаційну модель оцінки привабливості РЛС з урахуванням факторів сталого розвитку.

Об'єктом дослідження є процеси формування і розвитку регіональних логістичних систем України.

Предметом дослідження є теоретичні і методичні положення та відповідний інструментарій аналізу, загальнотеоретичного та економіко-

математичного моделювання регіональних логістичних систем України з урахуванням факторів сталого розвитку.

Методи дослідження. Методологічними аспектами дослідження є положення вітчизняних та зарубіжних вчених стосовно аналізу регіональних логістичних систем з урахуванням факторів сталого розвитку. У дисертації застосовано наступні методи дослідження: інформаційно-пошукової системи GoogleTrends, контент-аналізу та класифікації – для аналізу сутності, функцій та складових регіональних логістичних систем; порівняльного аналізу – для дослідження світового і вітчизняного досвіду формування і розвитку регіональних логістичних систем; узагальнення та порівняння – для систематизації основних підходів до дослідження сталого розвитку логістики; системний підхід – для формування показників розвитку РЛС; вдосконаленого методу ентропійної ваги, оцінки щільності ядра та коефіцієнта Джині – для комплексного аналізу характеристик регіональних логістичних систем; GTWR-модель - для аналізу факторів впливу на РЛС; контент-аналізу та узагальнення – для узгодження цілей сталого розвитку та розвитку РЛС; теоретико-методичного аналізу та узагальнення методів аналізу даних та машинного навчання, екологічної оцінки, сценарного моделювання та моделі теорії ігор – для дослідження ролі цифрових технологій у забезпеченні сталого розвитку логістики; теоретико-методичного аналізу – для обґрунтування ролі регіональних логістичних систем у розвитку регіону та визначення обмежень традиційної гравітаційної моделі; моделювання та математичного аналізу – для розробки та удосконалення гравітаційної моделі з урахуванням економічних, соціальних та екологічних ризик-факторів; кількісної оцінки ризик-факторів – для визначення їх питомої ваги та впливу на привабливість вузлів у логістичній мережі; емпіричного тестування – для застосування традиційної та вдосконаленої гравітаційних моделей на прикладі регіональних логістичних систем України та перевірки практичної значущості результатів; порівняльного аналізу – для зіставлення результатів традиційної та вдосконаленої моделей та виявлення

переваг останньої; графічний та табличний – для наочного відображення результатів дисертаційної роботи.

Інформаційною базою дисертаційної роботи є законодавчі акти державних органів влади, статистична інформація Державної служби статистики України, регіональної статистики та Євростату, наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених, матеріали аналітичних видань та засобів масової інформації, ресурси мережі Інтернет, результати досліджень автора.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у формуванні теоретико-методичного підґрунтя та практичного інструментарію оцінки привабливості регіональних логістичних систем з урахуванням факторів сталого розвитку в Україні, зокрема:

удосконалено:

гравітаційну модель логістичної мережі шляхом включення економічних, соціальних та екологічних ризик-факторів політики сталого розвитку, що забезпечило більш об'єктивне вимірювання вузлової сили та привабливості регіональних логістичних систем;

систему оцінки розвитку регіональних логістичних систем, яка включила 17 показників, згрупованих у чотири виміри: масштаб результату, якість роботи, соціальний внесок та «зелений слід», що дозволило комплексно оцінити не лише ефективність функціонування логістичної галузі, але й її вплив на навколишнє середовище та суспільство;

методику дослідження РЛС шляхом поєднання вдосконаленого методу ентропійної ваги, оцінки щільності ядра та коефіцієнта Джині, що забезпечило більш глибоке розуміння закономірностей розвитку РЛС та створило основу для формування ефективних підходів щодо їх вирівнювання та інтеграції у загальнонаціональний простір сталого розвитку;

теоретико-методичні положення щодо розвитку сталої логістики у регіональних логістичних системах, які, на відміну від існуючих, дозволили розглядати рівень сталості логістики як стратегічне рішення самих РЛС, а не

екзогенно заданий державними програмами, що створює основу для їхньої довгострокової конкурентоспроможності;

теоретико-методичні засади визначення сутнісних характеристик регіональних логістичних систем засобами інформаційно-пошукової системи GoogleTrends, контент-аналізу та методів класифікації, результатом чого стало уточнення сутності дефініції «Регіональна логістична система» як множини взаємопов'язаних об'єктів та суб'єктів, які забезпечують доведення різних видів потоків від виробника до споживача в межах регіону, утворюють єдине ціле, взаємодіють між собою та із зовнішнім середовищем з метою оптимізації логістичних витрат;

одержали подальший розвиток:

теоретичні положення щодо формування та розвитку регіональних логістичних систем у контексті порівняння світового та українського досвіду, що дало змогу зробити висновок про необхідність поєднання в українських реаліях світових практик мультимодальності та цифровізації з власними транзитними перевагами;

методичні засади інтеграції логістичних систем у стратегії сталого розвитку за допомогою комплексу економіко-математичних моделей оцінки привабливості регіональних логістичних систем з врахуванням факторів сталого розвитку;

методичні засади просторово-часового аналізу регіональних логістичних систем шляхом побудови моделі географічної та часової зваженої регресії (GTWR), що дозволило розширити наукове розуміння неоднорідності розвитку РЛС та надати інструментарій для формування диференційованих підходів до розвитку логістичної галузі з урахуванням регіональних особливостей;

положення щодо інтеграції цифровізації та алгоритмів штучного інтелекту у регіональні логістичні системи, що дозволило поєднати екологічні показники з операційною ефективністю та сформувати основу для системної трансформації сталої логістики.

Практичне значення одержаних результатів полягає у застосуванні теоретико-методичних та практичних пропозицій при формуванні державних та регіональних програм розвитку регіональних логістичних систем, а також у господарській діяльності логістичних підприємств. Узагальнено результати дисертаційної роботи та пропозиції автора стосовно оцінки привабливості регіональних логістичних систем з урахуванням факторів сталого розвитку в Україні.

Результати дисертаційної роботи в частині інтеграції цифровізації та алгоритмів штучного інтелекту у регіональні логістичні системи, впроваджено в діяльності ТОВ «КАРАВАН-К» (довідка № 11/06/26 від 09.06.2026 р.).

Основні результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес Карпатського національного університету імені Василя Стефаника при викладанні навчальних дисциплін «Економіка сталого розвитку», «Логістичні системи», «Технології багатомірного аналізу даних» для студентів спеціальності С1 Економіка та міжнародні економічні відносини на економічному факультеті. Отримані наукові результати використовуються під час підготовки здобувачів вищої освіти, у науково-дослідній роботі кафедри економічної кібернетики, а також при розробці регіональних логістичних проєктів (довідка № 03.04-29/08 від 29.04.2026 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною науковою роботою автора. Подані на захист наукові висновки, результати, узагальнення та пропозиції є особистою власністю автора та відображають його внесок у теорію, методику та практику дослідження регіональних логістичних систем з врахуванням факторів сталого розвитку. У наукових роботах, опублікованих у співавторстві, використовуються лише ідеї та інструменти, які впливають із власних досліджень автора.

За результатами дослідження автором опубліковано 10 наукових праць, серед них: 5 наукових статей (з них 5 – у фахових виданнях України); 5 – публікації в наукових конференціях. Загальний обсяг публікацій – 3,66 друк. арк., у тому числі автору належить – 3,03 друк. арк.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційної роботи оприлюднені на міжнародних та всеукраїнських конференціях, зокрема: Міжнародній науковій конференції «Сучасний стан та перспективи розвитку науки» (Ужгород, 2020 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні підходи до забезпечення економічної стабільності» (Суми, 2024 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Економіка, фінанси, бухгалтерський облік та право: стратегічні пріоритети розвитку в контексті глобалізації» (Орхус, Данія, 2024 р.), IX Міжнародній науково-методичній конференції «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці» (Чернівці, 2025 р.), XIII Всеукраїнській науково-практичній конференції форуму молодих економістів-кібернетиків «Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід» (Львів, 2025 р.).

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 16 таблиць, 35 рисунків, 3 додатки. Список використаних джерел складається з 167 найменувань на 18 сторінках. Додатки розміщені на 13 сторінках.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТКУ РЕГІОНАЛЬНИХ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

1.1. Сутнісні характеристики регіональних логістичних систем

Світовий досвід показує, що регіональні логістичні системи (РЛС) є важливим елементом економічного розвитку країн і регіонів[45]. РЛС сприяють покращенню конкурентоспроможності, інтеграції, інноваційності та сталості економіки. Регіональні логістичні системи забезпечують ефективний та економічний рух матеріальних, інформаційних та фінансових потоків між суб'єктами господарювання, органами влади та населенням у межах регіону або між регіонами. Регіональні логістичні системи виконують такі функції: забезпечення постачання, виробництва, збуту, складування, транспортування, пакування, маркування, сервісу, утилізації товарів та послуг; оптимізація витрат, часу, якості, надійності, безпеки логістичних операцій; координація інтересів та дій суб'єктів логістики; планування, контроль, аналіз, оцінка логістичної діяльності.

Відновлення економіки України потребує підвищення ефективності і конкурентоспроможності господарських суб'єктів, що залежить від якості і доступності логістичних послуг. Глобалізація світового ринку і поширення міжнародної торгівлі стимулюють розвиток транскордонної логістики і міжрегіональної співпраці за принципами субсидіарності і партнерства. Інноваційні технології і цифрова трансформація змінюють логістичні бізнес-моделі, процеси і функції, створюючи нові можливості і виклики для регіональних логістичних систем. Ці та інші чинники роблять дослідження регіональних логістичних систем актуальною та перспективною темою.

Для дослідження логічних взаємозв'язків між термінами дисертаційної роботи проведено аналіз таких дефініцій, як «Логістика», «Логістична система», «Транспортна логістика», «Транспортно-логістична система», «Логістична модель», «Регіональні логістичні системи України», «Регіональна логістична

система» та «Регіон» [9]. Інструментом аналізу виступила інформаційно-пошукова система GoogleTrends, яка дозволила отримати дані, що відповідають принципам повноти та достовірності. За досліджуваний період обрано останні 5 років, географічний ареал – територія України (оскільки запити сформульовано українською мовою).

Результатом пошуку є графічне представлення пошукових запитів за обраними термінами на рис. 1.1. Горизонтальна вісь рис 1.1 відображає часовий відрізок, протягом котрого здійснено запит, вертикальна – «популярність пошукового терміну відносно найвищої точки на графіку для певного регіону та періоду часу: 100 – це пік популярності терміну, 50 - популярність терміну вдвічі менша, 0 - було замало даних про цей термін» [100].

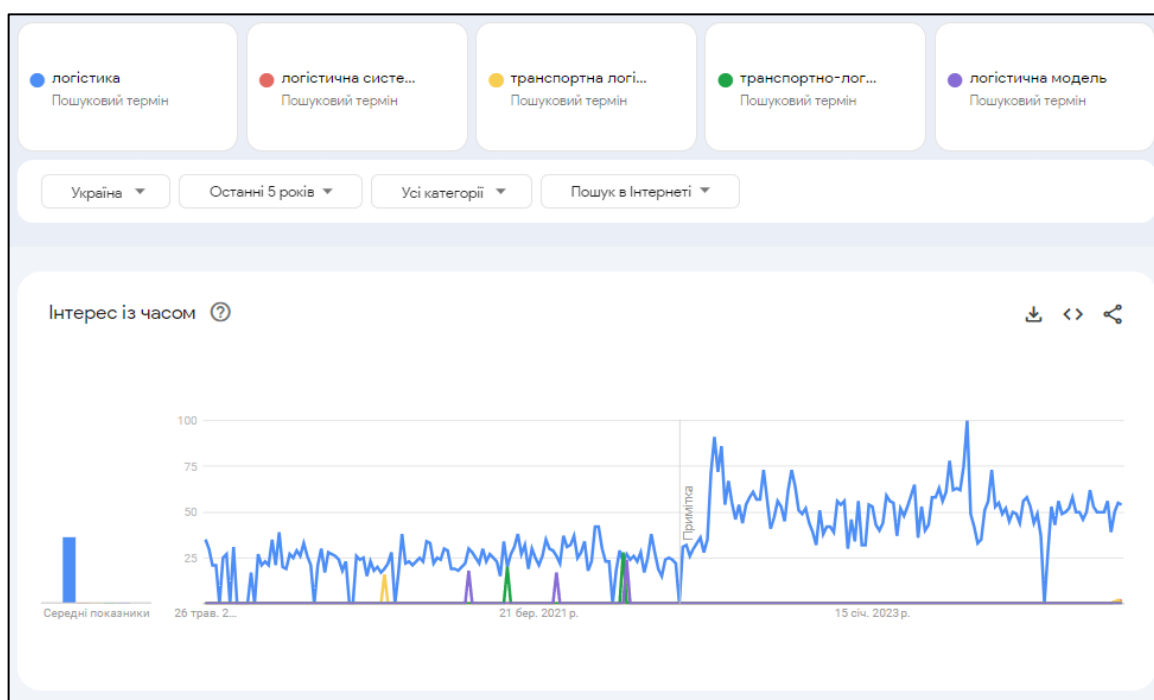


Рис. 1.1. Графічне представлення пошукових запитів в GoogleTrends за термінами «Логістика», «Логістична система», «Транспортна логістика», «Транспортно-логістична система», «Логістична модель» за останні 5 років [100]

Отже, отримано п'ятирічний тренд пошукових запитів досліджуваних термінів. В результаті графічного аналізу тренду встановлено, що найбільшою популярністю користувався термін «Логістика», який можна вважати найбільш широковживаним і загальним. Середня кількість запитів за терміном «Логістика» становила 36%, пік популярності пошукового запиту (100%) припав на липень 2023 року, мінімум (0%) – на січень 2024 року, січень 2022 року, вересень 2021, двічі у 2020 році та 5 разів у 2019 році. Загальний тренд терміну «Логістика» зріс, починаючи з 01.01.2022 року у зв'язку з покращенням системи збору даних в GoogleTrends.

Наступний за популярністю термін – це «Логістична модель». Його пік припадав на листопад 2020 та двічі у 2021 році (рис. 1.2). Частота запитів відповідно становила 18, 17 та 24 %. Варто зауважити, що при цьому популярність запитів на термін «Логістика» у ці ж періоди була на 12, 9 та 3 % відповідно вища.

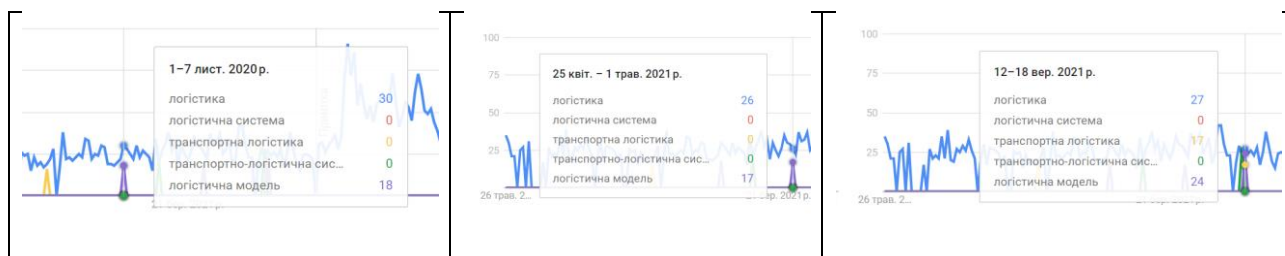


Рис. 1.2. Піки популярності терміну «Логістична модель» [100]

Меншою популярністю користувались такі терміни, як «Транспортна логістика» (піки - 16 та 17 запитів у 2020 та 2021 роках відповідно), що видно з рис. 1.3, та «Транспортно-логістична система» (піки - 20 та 28 запитів у 2021 році), що видно з рис. 1.4. Така ситуація може бути пояснена вужчою спеціалізацією цих термінів у порівнянні з більш загальними термінами «Логістика» та «Логістична модель», а відповідно й меншим пошуковим інтересом.

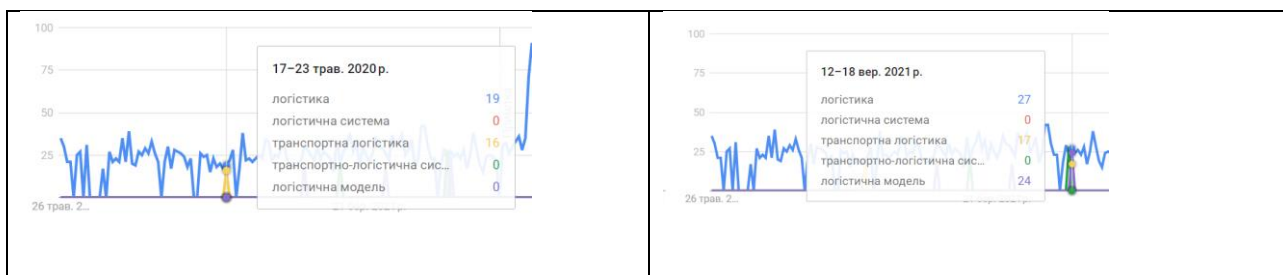


Рис. 1.3. Піки популярності терміну «Транспортна логістика» [100]

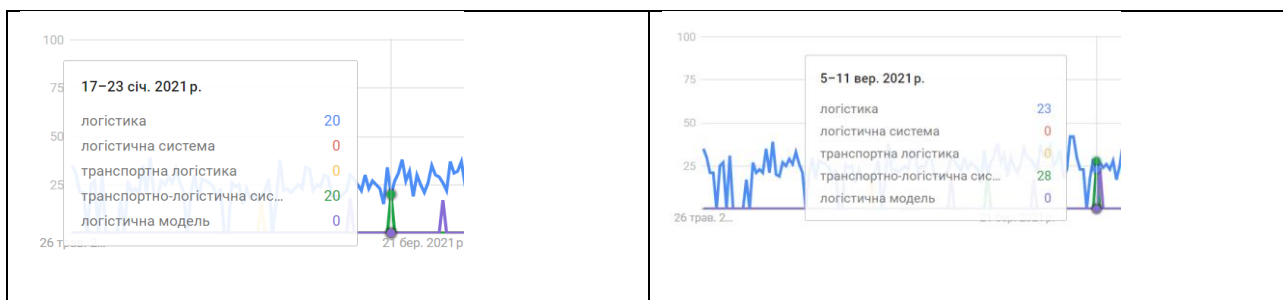
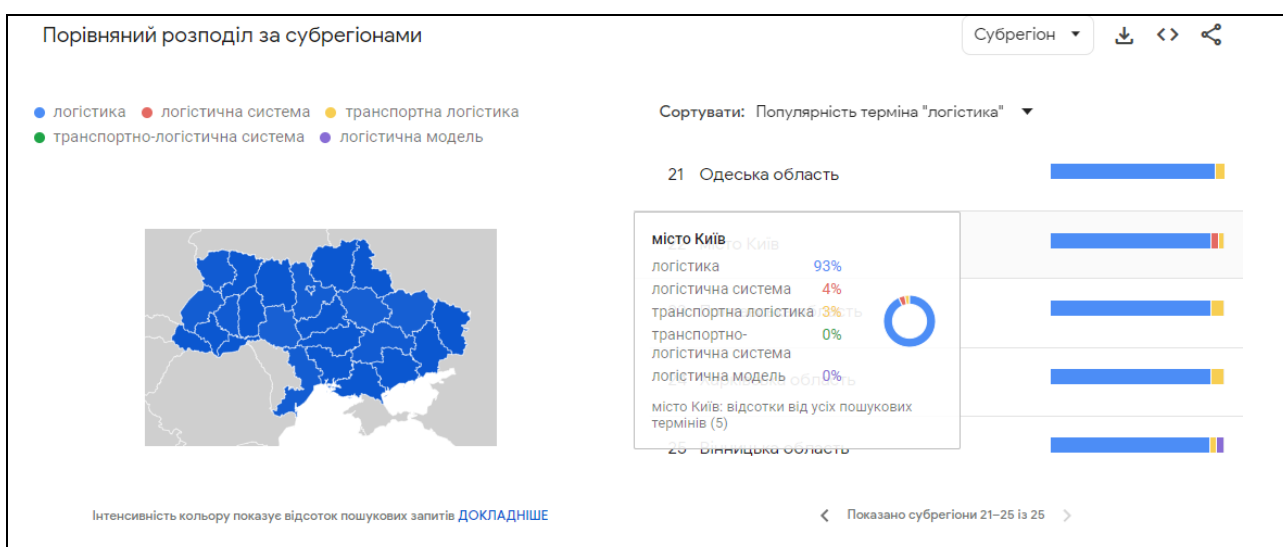


Рис. 1.4. Піки популярності терміну «Транспортно-логістична система» [100]

Порівняльний розподіл за регіонами України показав, що найбільша диверсифікація пошукових запитів була притаманна м. Київ, де, окрім терміну «Логістика» (93%), ще цікавились термінами «Логістична система» (4%) та «Транспортна логістика» (3%) (рис. 1.5).



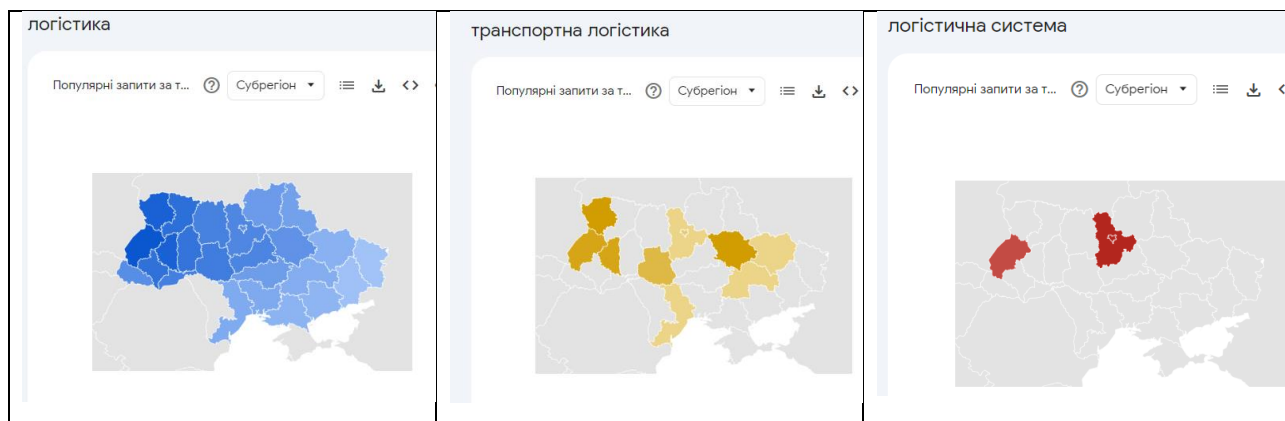


Рис. 1.5. Порівняльний розподіл пошукових запитів за регіонами України [100]

Також, як видно з цього рисунку, географічно найбільшою популярністю термін «Логістика» користувався у Львівській обл. (100%). Терміном «Транспортна логістика» найбільше цікавилися у Волинській та Полтавській областях (100%). Термін «Логістична система» був популярним у м. Київ та Київській обл. (100%) та Львівській обл. (75%), хоча в загальному обсязі пошукових запитів його частка була рівна нулю.

Таким чином, можна відмітити неперервний інтерес до терміну «Логістика» та поодинокую зацікавленість до інших термінів.

Виходячи з об'єкту дослідження, було здійснено пошуковий запит за термінами «Регіональні логістичні системи України» та «Регіональна логістична система». Результати пошуку вказали, що перший термін було запитано протягом останніх 5 років один раз, другий термін - два рази [100]. Такий низький рівень зацікавленості до даних дефініцій, з одного боку, свідчить про потребу у їх науковому трактуванні, а з іншого боку, про, можливо, занадто довгий словесний пошуковий запит.

Тому далі порівнюємо популярність коротших пошукових запитів за такими термінами, як «Регіон» та «Логістика» (рис. 1.6). Як видно з даного рисунку, термін «Регіон» користувався втричі більшою популярністю, ніж термін «Логістика» - середній показник 36 та 12 % відповідно. Можна також відмітити зростання зацікавленості до терміну «Регіон», пов'язані теми з яким були

географія, держава та діяльність, схожі запити - смарт-регіон, географічні та історичні запити. Також варто відмітити стабільний інтерес до терміну «Логістика», пов'язані теми з яким були діяльність, організація, вакансія, університет, а схожі запити – спеціальні логістика.

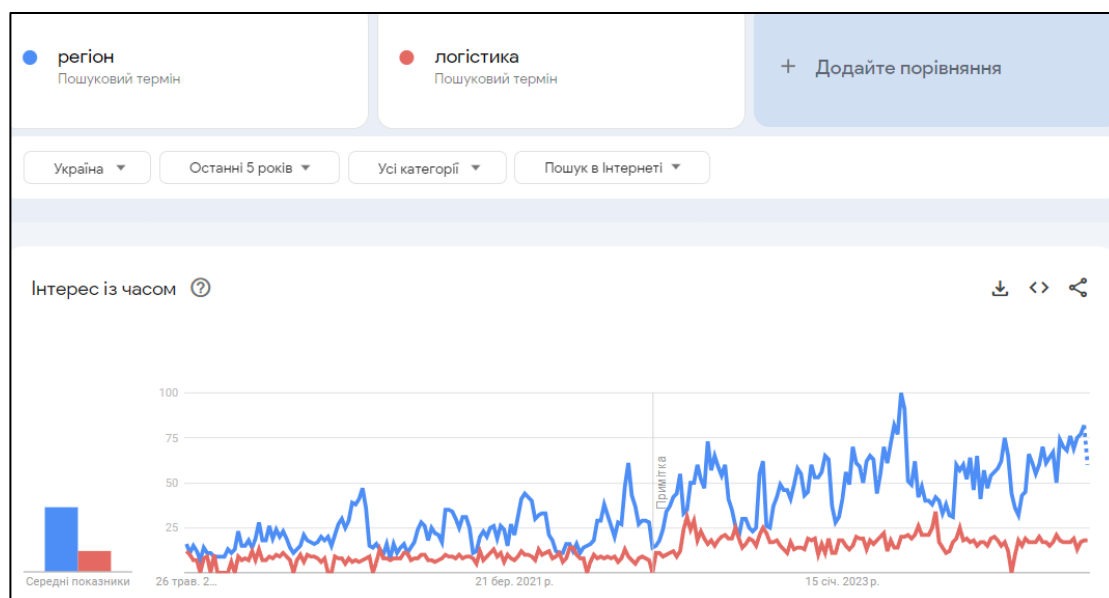


Рис. 1.6. Графічне представлення пошукових запитів в GoogleTrends за термінами «Логістика», «Регіон» за останні 5 років [100]

Порівняльний розподіл за регіонами України показав, що найбільша диверсифікація пошукових запитів була притаманна Львівській обл. (69 та 31 % відповідно), Тернопільській обл. (70 та 30 %), м. Києву (72 та 28 %), Волинській обл. (73 та 27 %) та Хмельницькій обл. (73 та 27 %) (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Порівняльний розподіл пошукових запитів «Логістика», «Регіон» за регіонами України [100]

Отже, в результаті проведеного аналізу дефініцій за допомогою інформаційно-пошукової системи GoogleTrends, вбачаємо за необхідність провести контент-аналіз за об'єктом дослідження дисертаційної роботи від терміну «Логістична система», який має найбільший попит серед науковців, до терміну «Регіональна логістична система».

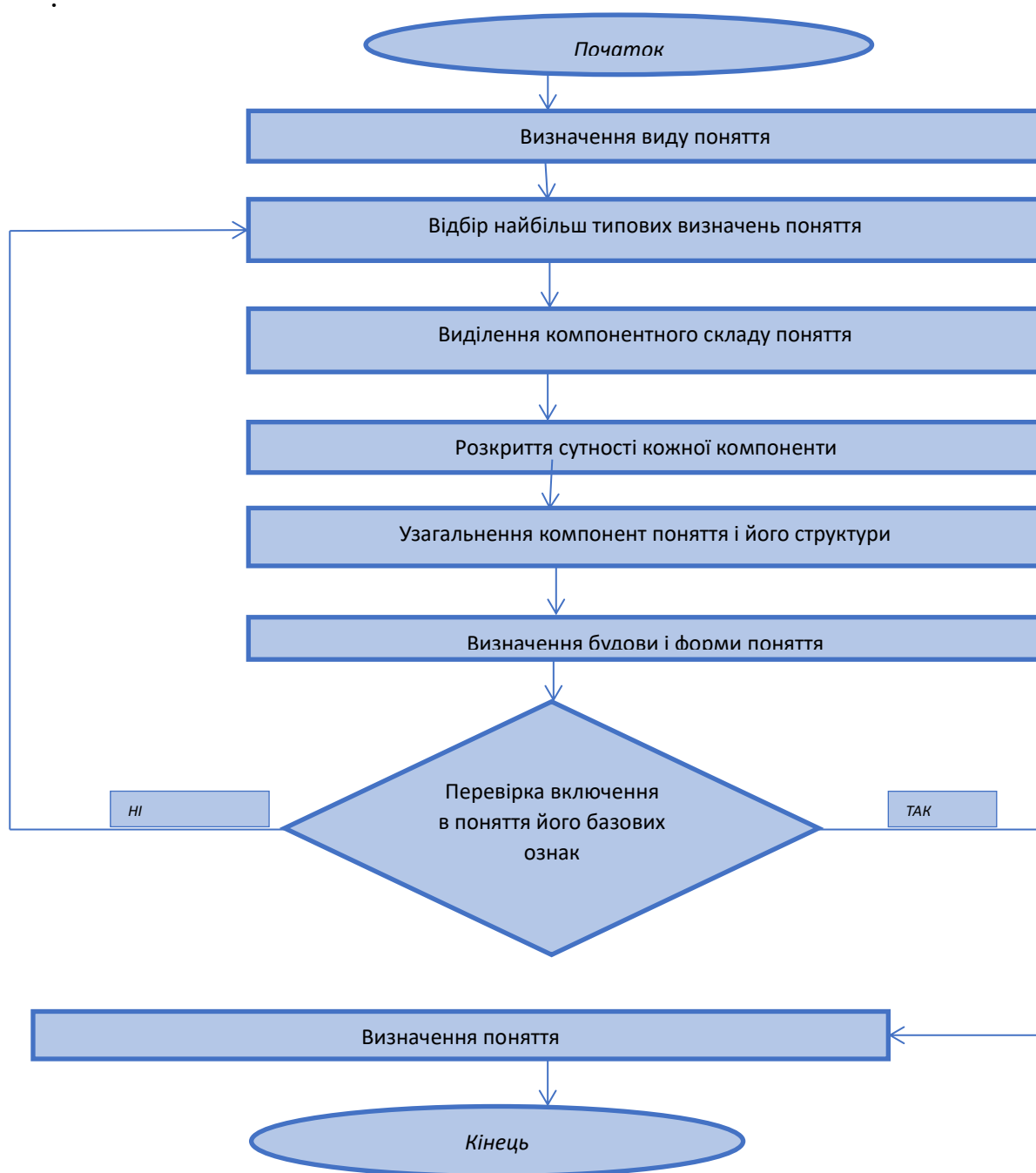


Рис. 1.8. Алгоритм визначення поняття за допомогою контент-аналізу, розроблено автором

Контент-аналіз – це дослідницька техніка для об’єктивного, системного й якісно-кількісного опису наявного тексту, що відповідає цілям дослідження [7]. Предметом контент-аналізу можуть бути «як проблеми соціальної дійсності, котрі висловлюються чи навпаки приховуються у документах, так і внутрішні закономірності самого об’єкта дослідження» [34]. При дослідженні будь якого тексту чи поняття варто спиратися на наступний алгоритм контент-аналізу (рис. 1.8).

Питання вивчення теоретико-практичних аспектів трактування терміну «Логістична система» присвятили свої наукові праці українські вчені: Крикавський Є.В., Чернописька Н.В. [36], Омельченко В.Я. [53], Ларіна Р.Р. [37], Перебийніс О.В. [54], Фролова Л.В. [67], Корінь М.В. [33], Ястремська О.М. [42], Лисько Т.Г., Луценко І.С. [41], Безугла Л.С. [43], Мороз О.Д. [50], Машканцева С.О. [45], Брагінський В.В. [15]. Найбільш поширені визначення поняття «Логістична система» наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Визначення сутності поняття «Логістична система», надане різними авторами [7]

Автори	Трактування терміну «Логістична система»
Крикавський Є.В., Чернописька Н.В.	Спеціально організована інтеграція логістичних елементів (ланок) у межах певної економічної системи для оптимізації процесів трансформації матеріального потоку
Омельченко В.Я.	Сукупність суб’єктів логістики, об’єднаних у логістичні ланцюги і канали з метою оптимальної та раціональної організації економічних потоків з мінімальними логістичними витратами
Ларіна Р.Р.	Система взаємодіючих суб’єктів господарювання, що функціонують в галузі виробництва товарів та послуг, в галузі обігу та фінансово-кредитній галузі; на основі погодження інтересів всіх учасників процесу виробництва та споживання, з метою оптимізації фінансових, матеріальних і трудових ресурсів, які використовує регіон для реалізації своїх економічних цілей
Перебийніс О.В.	Синтез постачальницьких, виробничих, розподільчих та транспортних процесів, яка включає постачання матеріально-технічних ресурсів (з транспортним забезпеченням), виробництво продукції (з транспортно-

Автори	Трактування терміну «Логістична система»
	технологічним забезпеченням), зберігання і збут продукції (з транспортним забезпеченням)
Фролова Л.В.	Виділення двох рівнів логістичної системи – макро, мікро та виокремлення в межах макрорівня логістичної системи мета-, мезо- та мегалогістичних систем
Корінь М.В.	Інтегрована, адаптивна, багаторівнева та багатофункціональна система, яка сприятиме оптимізації процесів управління рухом матеріального потоку від виробника сировини та матеріалів до кінцевого споживача готової продукції на всіх рівнях логістичної взаємодії, підвищенню економічної ефективності моделей управління промисловим комплексом країни за рахунок мінімізації загальних логістичних витрат, підвищення рівня логістичної координації операцій з обслуговування виробництва, постачання, збуту, на основі комплексної взаємодії всіх видів транспорту та включення до її складу інноваційно-орієнтованих структур, які стануть основою для акумулювання новітніх розробок та забезпечать інноваційний розвиток економіки України
Ястремська О.М.	Адаптивна система зі зворотним зв'язком, яка складається з декількох підсистем, має розвинуті зв'язки із зовнішнім середовищем та виконує ті або інші логістичні функції
Лисько Т.Г., Луценко І.С.	Логістична система охоплює і поєднує всі сфери підприємницької діяльності, визначаючи задоволення потреб споживача і досягнення кінцевої мети діяльності підприємства, тобто підвищення прибутковості
Безугла Л.С. та ін.	Логістична система підприємства повинна забезпечувати необхідні послуги за максимально можливого зменшення асоційованих витрат, що виникають при виконанні логістичних операцій
Мороз О.Д.	Складні відкриті економічні системи, що включають у себе взаємодіючі між собою та зовнішнім середовищем підсистеми, що забезпечують процес функціонування господарських зв'язків галузей і підприємств регіону у регіональних логістичних ланцюгах, формування яких спрямоване на досягнення соціально-економічних цілей розвитку регіону на основі оптимізації економічних потоків
Машканцева С.О.	Інтегрована сукупність суб'єктів транспортно-логістичної діяльності й об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури, що взаємодіють між собою з метою оптимізації руху вантажопотоків «від дверей до дверей» за мінімальних витрат на максимально вигідних умовах

Автори	Трактування терміну «Логістична система»
Брагінський В.В.	Інтегрована багаторівнева та багатофункціональна сукупність суб'єктів транспортно-логістичної діяльності та об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури країни, що взаємодіють між собою з метою оптимізації руху вантажопотоків за мінімальних витрат на максимально вигідних умовах, та забезпечує якісне надання транспортно-логістичних послуг

З наведених визначень поняття «Логістична система» у відповідності до алгоритму контент-аналізу відберемо найбільш вживані його компоненти (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Компонентний склад поняття «Логістична система», розроблено автором

Компоненти Автори	Система-сукупність-синтез	Оптимізація-мінімізація	Потік	Об'єкти - суб'єкти	Логістичний елемент-ланка-канал-ланцюг	Логістичні витрати	Регіон	Транспорт
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Крикавський Є.В., Чорнописька Н.В.		+	+		+			
Омельченко В.Я.	+	+	+	+	+	+		
Ларіна Р.Р.	+	+		+			+	
Перебийніс О.В.	+							+
Фролова Л.В.	+							
Корінь М.В.	+	+	+			+		
Ястремська О.М.	+							
Лисько Т.Г., Луценко І.С.	+							
Безугла Л.С. та ін.	+							
Мороз О.Д.	+	+			+		+	
Машканцева С.О.	+	+	+	+			+	+
Брагінський В.В.	+	+	+	+		+		+
Всього	11	7	5	4	3	3	3	3

Як видно з таблиці 1.2, поняття «Логістична система» можна представити 8 компонентами:

$$ЛС = (11A_1, 7A_2, 5A_3, 4A_4, 3A_5, 3A_6, 3A_7, 3A_8) \quad (1.1)$$

З огляду на неоднозначність компонентного наповнення поняття «Логістична система», в табл. 1.3 представлено визначення сутності основних компонент.

Таблиця 1.3

Визначення сутності основних компонент поняття «Логістична система»,
розроблено автором

№	Компонента	Визначення поняття
A1	Система-сукупність-синтез	«Система - множина взаємопов'язаних елементів, що утворюють єдине ціле, взаємодіють із середовищем та між собою, і мають мету» [18]
A2	Оптимізація-мінімізація	«Оптимізація - процес надання будь-чому найвигідніших характеристик, співвідношень (наприклад, оптимізація виробничих процесів і виробництва, енерговикористання тощо)» [18]
A3	Потік	«Потік - неперервний рух маси чи великої кількості кого- чи чого-небудь, що характеризується напрямками у кожній своїй точці» [18]
A4	Об'єкти - суб'єкти	«Об'єкт - у загальному значенні - «те, на що <i>спрямована</i> певна діяльність» (на протизагу суб'єкту, який <i>здійснює</i> таку діяльність)» [18]
A5	Логістичний елемент-ланка-канал-ланцюг	Логістичний канал — це «частково впорядкована множина різних посередників, які реалізують доведення матеріального потоку від конкретного виробника до його споживачів» [44]
A6	Логістичні витрати	«Витрати, пов'язані з виконанням логістичних операцій і процесів (транспортування, складування, пакування і т.д.)» [57]
A7	Регіон	«Регіон: 1. Територія, обумовлена географічними межами, що володіє цілісністю і взаємозв'язком її складових елементів. 2. Територіальна одиниця держави» [60]
A8	Транспорт	«Транспорт - сукупність засобів, призначених для переміщення людей, вантажів, сигналів та інформації з одного місця в інше» [18]

Як видно з табл. 1.3, поняття «Логістична система» можна описати як загальновживаними універсальними компонентами, такими, як система, об'єкт, суб'єкт, потік, оптимізація, регіон, так і специфічними, притаманними власне опису логістичних процесів: логістичний канал, логістичні витрати, транспорт.

З точки зору взаємодії та взаємодоповнюваності цих компонент у визначенні поняття «Логістична система», то, на нашу думку, «Об'єкт», «Суб'єкт» є доповненням до компоненти «Система», «Логістичний канал» є

синонімом та розширенням поняття «Потік», «Логістичні витрати» можна в певній мірі пов'язувати з компонентою «Оптимізація». Насамкінець, «Транспорт» є специфічною «галузевою» складовою терміну «Логістична система».

Таким чином, модель поняття «Логістична система» можна представити, на нашу думку, такими основними компонентами:

$$ЛС = (11A_1, 7A_2, 3A_5, 3A_6) \quad (1.2)$$

На їх основі визначено сутність дефініції «Логістична система» як множину взаємопов'язаних об'єктів та суб'єктів, які реалізують доведення різних видів потоків від конкретного виробника до його споживачів, утворюють єдине ціле, взаємодіють із середовищем та між собою, з метою оптимізації логістичних витрат.

Оскільки об'єктом дослідження є регіональна логістична система, то визначимо її місце в загальній класифікації логістичних систем. Як запропоновано автором монографії [67], логістичні системи можна поділити на макро- та мікрологістичні. Кожні з них в свою чергу діляться на підгрупи в залежності від різних ознак. На рис. 1.9 наведено таку класифікацію логістичних систем, з якої видно, що регіональна логістична система належить до групи макрологістичних систем і виокремлюється за ознакою адміністративно-регіонального розподілу.

Відтак, оскільки регіональна логістична система є по суті одним з видів логістичних систем, то для її трактування використаємо розширену модель з наступними компонентами:

$$РЛС = (11A_1, 7A_2, 3A_5, 3A_6, 3A_7) \quad (1.3)$$

Таким чином, під регіональною логістичною системою розумітимемо множину взаємопов'язаних об'єктів та суб'єктів, які реалізують доведення різних видів потоків від конкретного виробника до його споживачів в регіоні, утворюють єдине ціле, взаємодіють із зовнішнім середовищем та між собою, з метою оптимізації логістичних витрат.

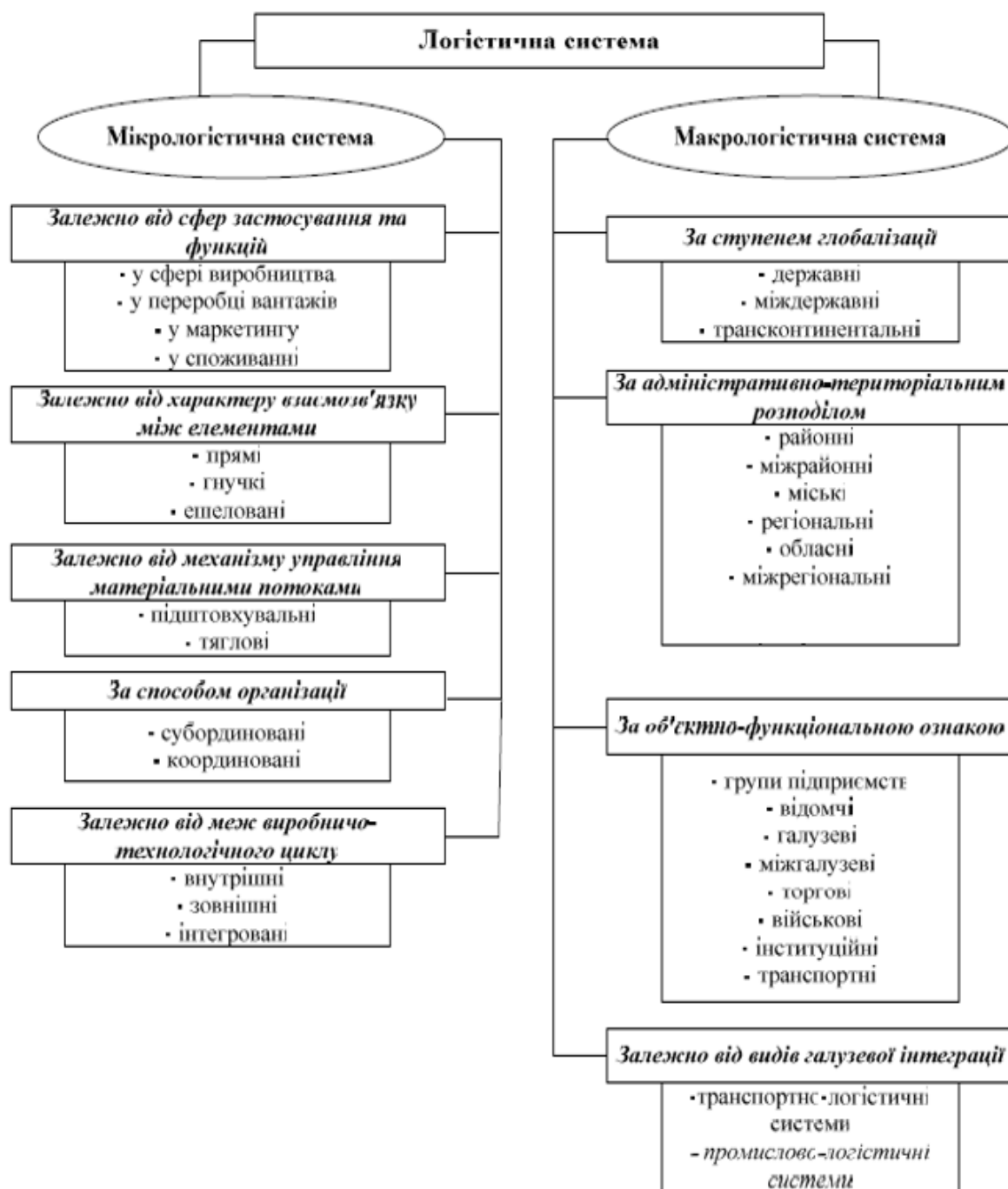


Рис. 1.9. Класифікація логістичних систем [33]

1.2. Світовий та український досвід формування і розвитку регіональних логістичних систем

Формування і розвиток регіональних логістичних систем — один з найважливіших напрямків на шляху подолання багатьох деструктивних явищ в економіці, прискореного економічного розвитку як регіонів, так і країни в цілому.

Тому вивчення світового та українського досвіду формування і розвитку регіональних логістичних систем дозволить не тільки створити умови для оптимізації логістичних процесів в регіоні, а й прискорить інтеграцію нашої країни у світовий економічний та інформаційний простір.

Таким чином, вважаємо за доцільне провести дослідження, спрямоване на вивчення умов формування і розвитку регіональних логістичних систем в світі та Україні.

Більшість науковців схилиються до думки, що таке дослідження повинно базуватись на ієрархічному (рівневому) підході. Зокрема, в роботі [29] запропоновано виділити п'ять рівнів логістичної взаємодії: об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури; логістичних транспортних центрів місцевого, регіонального та міжнародного призначення; регіональних логістичних транспортних систем; логістичних транспортних кластерів; інтегрованої транспортно-логістичної системи України. В табл. 1.4 наведено характеристики, переваги та недоліки логістичної взаємодії на кожному з рівнів.

Таблиця 1.4

Переваги та недоліки логістичної взаємодії на кожному з рівнів формування логістичної системи (розроблено на основі [29])

Рівень логістичної взаємодії	Характеристика	Переваги та недоліки
Об'єкти транспортно-логістичної інфраструктури	Термінальні та вантажні комплекси, складські господарства, підприємства різних видів транспорту та транспортно-логістичного сервісу тощо, завданням яких є координація та синхронізація процесів транспортно-логістичного обслуговування вантажного потоку “від дверей до дверей” за оптимальних витрат та відповідного рівня логістичного сервісу	<i>Переваги:</i> оптимізація витрат та забезпечення відповідного рівня послуг <i>Недоліки:</i> низький ступінь взаємодії об'єктів логістичної інфраструктури; часто не задовольняє потреби національної економіки
Логістичні транспортні центри	Центри місцевого, регіонального та міжнародного призначення, а також інформаційно-аналітичні центри, завданням яких є	<i>Переваги:</i> утворюють логістичні транспортні вузли – центри зростання національної та регіональної економіки;

Рівень логістичної взаємодії	Характеристика	Переваги та недоліки
	забезпечення надання транспортно-логістичних послуг за мінімальних витрат на логістичне обслуговування та логістичну інфраструктуру шляхом кооперації транспортно-логістичних компаній, що надають спеціалізований комплекс логістичних послуг	дають змогу організувати оптимальні схеми доставки вантажу за інтермодальними та мультимодальними технологіями.
Регіональні логістичні транспортні системи	Спрямовані на оптимізацію руху вантажного потоку в межах певного регіону	<i>Переваги:</i> сприяють взаємодії суб'єктів транспортно-логістичної діяльності при обслуговуванні вантажного потоку на території конкретного регіону, використовуючи його специфіку та потенційні можливості <i>Недоліки:</i> основним обмеженням цього рівня інтеграції є його територіальна належність
Логістичні транспортні кластери	Спрямовані на оптимізацію руху вантажного потоку у міжнародних ланцюгах постачання	<i>Переваги:</i> оптимізують рух вантажного потоку у міжнародних ланцюгах постачання <i>Недоліки:</i> мають головне обмеження по наблизненню знаходження учасників транспортно-розподільного процесу до міжнародних транспортних коридорів; концентрують в собі транспортно-логістичну інфраструктуру прикордонних територій та певних регіонів, логістичні транспортні компанії, виробничі підприємства тощо
Інтегрована транспортно-логістична система України	Координація організаційно-економічної, технічної та технологічної взаємодії суб'єктів ринку транспортно-логістичних послуг і об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури країни	<i>Переваги:</i> забезпечення оптимального руху вантажного потоку “від дверей до дверей”; підвищення ефективності економічної системи держави та зайняття конкурентоспроможних позицій на світовому ринку транспортно-логістичних послуг

Іншими словами, формування логістичної системи залежить, на думку авторів [29], від рівня агрегування логістичної взаємодії. В той же час автори не

звертають уваги на такий аспект формування і розвитку логістичних систем, як їх внутрішні відмінності, тобто кожен рівень розглядають як однорідний.

В роботі [43] формування логістичної системи розглядається з позицій системного підходу. Тобто «логістична система формується на рівні будь-якої економічної системи, починаючи від макrorівня і завершуючи мікрорівнем» [43]. На рис. 1.10 представлено, як може формуватися логістична система залежно від її типу.

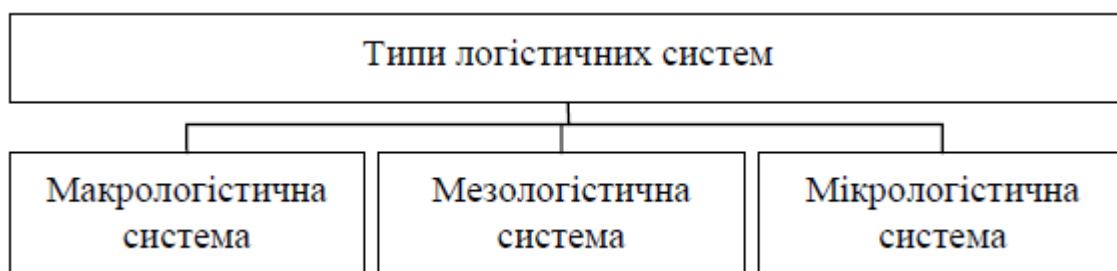


Рис. 1.10. Типи логістичних систем [43]

Макрологістична система – це система управління логістичними потоками, що включає промислові підприємства, посередницькі, торгівельні та транспортні організації різних відомств, розміщених у різних регіонах країни або в різних країнах. Дана система формується на рівні держави або міждержавних утворень (наприклад, ЄС).

Мезологістична система – це система інтегрованого управління логістичним потоком, що охоплює різні організації однієї галузі, які, як правило, співпрацюють на умовах партнерства. Окремі мезологістичні системи можуть об'єднуватись в системи вищого порядку або ж реструктуруватись.

Мікрологістична система – це підсистема макрологістичної системи. До такого типу систем відносять виробничі та торгівельні підприємства, територіально-виробничі комплекси. Мікрологістичні системи мають єдину інфраструктуру. В рамках мікрологістичних систем також функціонують підсистеми. Але їх основа безтоварна. Це окремі підрозділи, які працюють на єдиний економічний результат підприємства.

Таким чином, формування логістичної системи з позицій їх типологізації, як це запропоновано в [43], дає змогу виокремити висхідний характер їх формування (чим вищий рівень системи, тим більше вона має переваг та можливостей).

Цікавий підхід до формування та розвитку логістичних систем запропоновано в роботі [55]. Автор пропонує розглядати п'ять рівнів формування логістичних систем, які мають не тільки горизонтальні, але й вертикальні зв'язки (рис. 1.11): «осовою є торгово-транспортні вузли, в яких розташовані транспортно-логістичні центри, які, в свою чергу, взаємодіють з регіональними транспортно-логістичними системами і кластерами» [55].

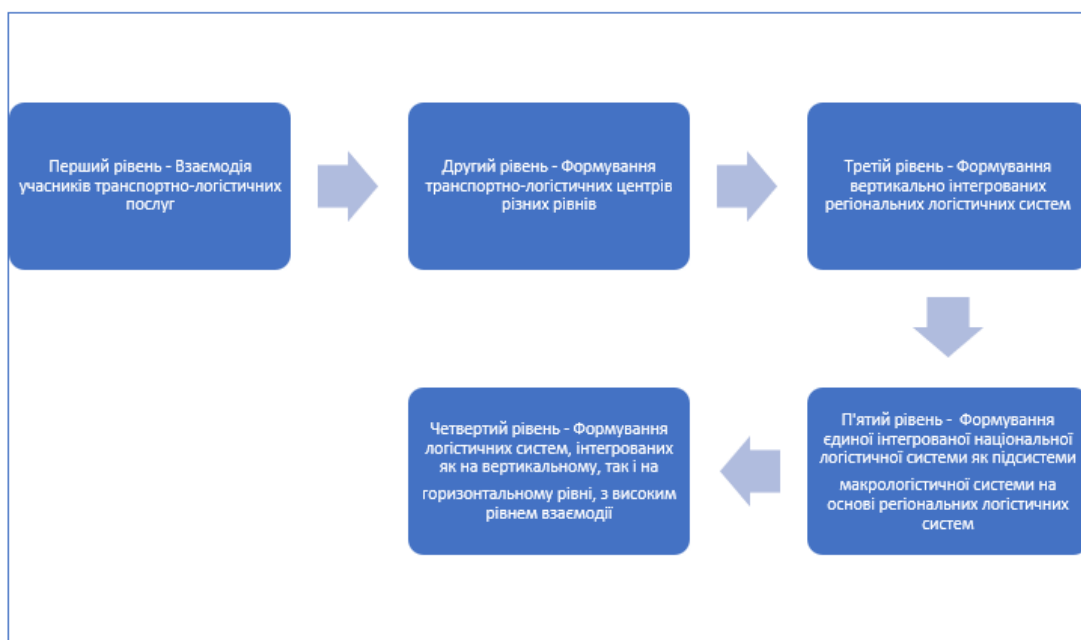


Рис. 1.11. Рівні формування логістичних систем (розроблено на основі [55])

На нашу думку, цей підхід є симбіозом двох попередніх підходів, в якому інтегруються рівневий поділ для формування логістичних систем [29] та поділ на основі типологізації логістичних систем [43]. Це дозволяє з одного боку врахувати підпорядкованість рівнів (чого не має в першому підході [29]), але все ще не вирішує питання внутрішніх відмінностей всередині кожного рівня логістичної взаємодії.

Дещо інший погляд на формування регіональної логістики мають зарубіжні вчені. Зокрема, в роботі [139], зазначено, що логістику в регіоні варто розглядати як раціональну територіальну організацію. При цьому раціональність автор визначає як переваги для місцевої громади та формулює їх у відповідних рішеннях місцевого та вищого рівня управління.

В монографії [122] автори відзначають чотири рівні прийняття логістичних рішень, починаючи з позицій бізнесу аж до позицій публічного сектору:

- стратегічні рішення (стосуються кількості, розміщення та потужності виробничих об'єктів, складів, магазинів та терміналів);
- комерційні рішення (стосуються ресурсного забезпечення виробництва, реалізації виробничих процесів та розподілу готової продукції);
- операційні рішення (стосуються реалізації виробничих процесів та розподілу);
- функціональні рішення (управління логістичними потоками (вибір з-поміж альтернативних варіантів маршрутів, завантаження транспорту та здійснення складських процедур).

Тобто зарубіжні автори підходять до формування регіональних логістичних систем з позицій менеджменту, тобто підвищення їх ефективності за рахунок управління.

Формування та розвиток регіональних логістичних систем з позицій менеджменту розглядається і в працях українських вчених. Зокрема, така інтерпретація реалізована як методологія логістики в управлінні регіональною економічною системою [37, 50, 68]. Цей процес проявляється у формуванні та розвитку регіональних логістичних систем і передбачає: «ідентифікацію потокових систем регіону, а також впровадження у практику регіонального управління інструментів логістичного менеджменту, що забезпечує перманентне, планомірне та ефективне управління цими потоковими процесами, адекватне завданням та пріоритетам регіонального розвитку» [68].

Система регіонального управління, в такому разі, як зазначено в [37], буде представлена логістичною функцією, що базується на системному підході та

охоплює усі види діяльності, пов'язані з плануванням та управлінням політики розвитку конкретного регіону. Суб'єктом управління регіональною логістичною системою виступають «регіональні органи влади, що формують політику регіонального розвитку (визначають напрями формування структури регіональної логістичної системи) на основі оцінки спеціалізації регіону, структури виробничих сил, наявних замкнутих відтворювальних циклів регіональної логістичної системи» [50].

Світовий досвід формування регіональних логістичних систем базується на створенні мультимодальних центрів, інтеграції різних видів транспорту та активній ролі держави.

Зокрема, в Європі Німеччина активно інвестує у створення логістичних центрів, поєднуючи залізничний, автомобільний, водний і авіаційний транспорт. Приватні та державні інвестиції взаємодіють на всіх етапах реалізації проектів. У Франції управління логістичними центрами здійснюється переважно приватними інвесторами, держава лише координує через дозвільну систему та регіональне планування. Італія, Польща, Фінляндія, Литва пріоритезують створення логістичних хабів із мультимодальними перевезеннями, орієнтація на транзитні потоки та інтеграцію в європейську транспортну мережу [2].

На рис. 1.12 наведено узагальнену мультимодальну структуру європейської логістики у 2023 році.

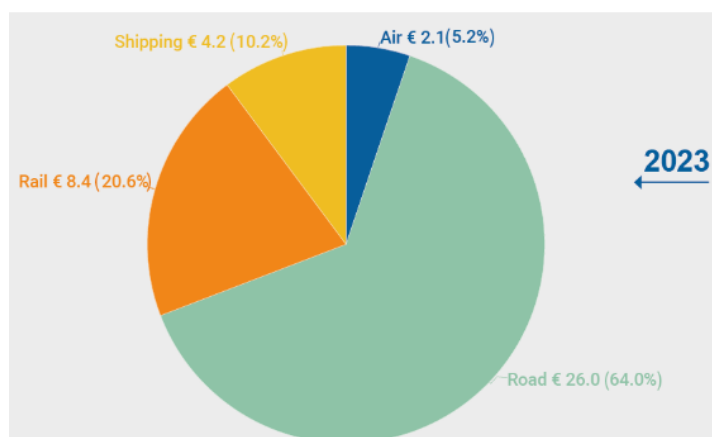


Рис. 1.12. Узагальнена мультимодальна структура європейської логістики [75].

В США логістичні центри формуються навколо великих транспортних вузлів (портів, аеропортів), активно використовуються інформаційні системи управління та цифровізація процесів. На рис. 1.13 наведено мультимодальну структуру логістики США.

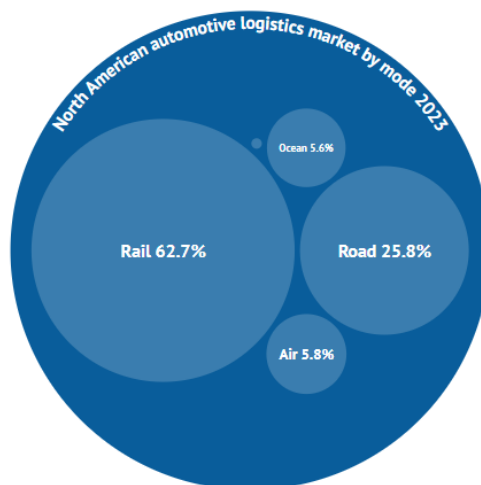


Рис. 1.13. Мультимодальна структура логістики США [75]

Ключові риси світового досвіду формування та розвитку регіональних логістичних систем можна узагальнити наступним:

- мультимодальність (поєднання різних видів транспорту),
- цифровізація та автоматизація,
- активна роль держави у фінансуванні та регулюванні,
- орієнтація на транскордонні перевезення та інтеграцію ринків.

В Україні розвиток таких систем перебуває на етапі становлення, зосереджений на модернізації інфраструктури, інтеграції з ЄС та формуванні логістичних хабів. Україна має потужний транзитний потенціал, але логістичні системи ще не досягли рівня інтеграції, характерного для ЄС. Основні проблеми: недостатня інфраструктура, потреба у модернізації транспортних вузлів, слабка цифровізація та нерівномірний розвиток регіонів [2]. Наприклад, Київський регіон — найбільш розвинений у сфері логістики, з концентрацією транспортних вузлів та інвестицій [39-40]. Західні регіони (Львів, Івано-Франківськ) мають перспективи розвитку як транзитні коридори до ЄС. Основні напрями

формування та розвитку регіональних логістичних систем в Україні мають бути зосереджені на створенні мультимодальних транспортно-логістичних центрів, інтеграції у європейську транспортну мережу, державне стимулювання інвестицій та правове забезпечення логістичних процесів, інформатизації та цифровізації управління потоками.

В табл. 1.5 наведено порівняльну характеристику світового та українського досвіду формування та розвитку регіональних логістичних систем

Таблиця 1.5

Порівняння світового та українського досвіду формування та розвитку регіональних логістичних систем (розроблено на основі [2,29,43,50,55,68,122,139])

Аспект	Світовий досвід	Український досвід
Інфраструктура	Розвинені мультимодальні центри	Нерівномірний розвиток, потреба модернізації
Роль держави	Активне фінансування та регулювання (Німеччина) або лише дозвільна функція (Франція)	Держава стимулює, але бракує системності
Цифровізація	Високий рівень автоматизації та ІТ-рішень	Початковий етап цифровізації
Транскордонна інтеграція	ЄС та США орієнтовані на глобальні ринки	Україна інтегрується у європейську мережу
Регіональний розвиток	Центри формуються навколо ключових вузлів	Київський регіон лідирує, західні регіони перспективні

Таким чином, Україні варто поєднувати світові практики мультимодальності та цифровізації з власними транзитними перевагами. Ключовим завданням є створення сучасних логістичних хабів у прикордонних регіонах (Львів, Івано-Франківськ, Закарпаття), що дозволить інтегруватися у європейську транспортну систему та підвищити конкурентоспроможність економіки.

1.3. Аналіз підходів щодо сталого розвитку логістики

Логістична галузь є ключовим фактором економічного та соціального розвитку. Вона є рушійною силою зростання та збільшення національної доданої вартості в ширших секторах, включаючи виробництво, енергетику, туризм та будівництво. В середньому, логістична галузь становить близько 10% валового внутрішнього продукту (ВВП) для багатьох країн [129], сприяючи їхній міжнародній конкурентоспроможності та глобальному ланцюжку створення вартості. Визначення логістики значно варіюється залежно від сфери діяльності.

Однак спільним фактором для логістичної діяльності є ефективне та результативне впровадження складних операцій для прямого потоку або зворотного потоку товарів, послуг та пов'язаної з ними інформації, що відповідає вимогам клієнтів. Ланцюг постачання охоплює весь життєвий цикл продукту, від постачання сировини до доставки кінцевого продукту. Логістична галузь прагне підтримувати регулярні постачання товарів і матеріалів структурованим та систематичним чином, забезпечуючи належну інтеграцію всього процесу. Логістика охоплює комплекс видів діяльності, таких як зберігання та управління запасами, вантажні перевезення, обробка матеріалів та інформаційні процеси, що вимагають переміщення продукції через ефективний процес ланцюга поставок.

Збої в логістиці та галузі ланцюгів поставок призвели до зупинки багатьох секторів у розпал COVID-19. Ключові сектори, такі як автомобільна промисловість, енергетика та фармацевтична промисловість, зазнали значних потрясінь з можливими довгостроковими економічними наслідками [76]. Однак відсутність логістичної діяльності позитивно вплинула на навколишнє середовище. Порівняно з аналогічним періодом у попередні роки (до 2020 року), викиди парникових газів (ПГ), наприклад, у Нью-Йорку скоротилися майже вдвічі [103]. Аналогічне спостереження було зроблено в багатьох країнах. Сім із шістнадцяти основних джерел викидів (Китай, Індія, Іран, Саудівська Аравія, Бразилія та Туреччина) також продемонстрували значне падіння викидів CO₂ порівняно з допандемічними періодами [140]. Це сприяло обговоренню

екологічної стійкості логістики та необхідності більш екологічно чистої галузі логістики та ланцюгів поставок, що сприяло подальшому переходу до сталого ланцюга поставок та логістики.

Стала логістика (або сталий логістичний ланцюг) – це широкий термін, який охоплює інтеграцію екологічних, економічних та соціальних факторів в операції для досягнення довгострокових цілей, порівняно з традиційним логістичним та ланцюговим постачанням, який зосереджений виключно на ефективності та гнучкості процесу [99]. Діяльність ланцюга постачання та логістики є енергоємними, тому в результаті спалювання викопного палива викидається величезна кількість парникових газів безпосередньо в атмосферу, що завдає шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю в довгостроковій перспективі.

Ланцюг постачання та логістичні операції є основним фактором погіршення стану навколишнього середовища. Наприклад, на транспортний сектор припадало 24% викидів CO₂ у 2019 році [107]. Викиди CO₂, що походять від транспортної галузі, збільшаться приблизно на 60% до 2050 року [146]. Ця реальність вимагає негайної інтеграції принципів зеленого ланцюга постачання (GSC) у весь ланцюг постачання та ланцюг створення вартості логістики, які дотримуються екологічно чистих практик, таких як використання відновлюваної енергії для мінімізації викидів парникових газів та дотримання екологічних норм для посилення переходу до сталого ланцюга постачання.

Відсутність «зелених» практик у галузі може загрожувати сталому розвитку всього сектору. Тому інновації в усій системі є життєво важливими, що може вимагати модифікації або розробки нової логістичної мережі та мережі ланцюгів поставок. Інновації доповнюють сталий розвиток, вони є основою взаємозв'язку сталого розвитку. Вони сприяють досягненню сталого розвитку шляхом пошуку нових та вдосконалених рішень для вирішення проблем екологічних, економічних та соціальних факторів логістичного процесу. Вони є ключовими у вирішенні нагальних проблем зміни клімату для навколишнього

середовища, забезпеченні бізнес-рішень з довгостроковими економічними вигодами та впровадженні практик з позитивними соціальними наслідками.

Логістика має вирішальне значення для соціально-економічного розвитку. Тому перехід до сталого розвитку має бути здійснений ефективно, розглядаючи роль, яку інновації можуть відігравати в цьому переході шляхом створення балансу між прибутковістю та збереженням навколишнього середовища.

Інфраструктура (морські порти, аеропорти, залізниці, дороги, склади та розподільчі центри) тісно пов'язана із сучасним торговельним процесом і відіграє центральну роль у побудові міцної мережі ланцюгів поставок. Тим не менш, її вплив на економіку та навколишнє середовище незрозумілий. З одного боку, вона допомагає розвивати сприятливе для логістики середовище, яке збільшує доходи та, як наслідок, економічне зростання. І навпаки, розвиток інфраструктури для логістики вимагає використання інформаційно-комунікаційних технологій, а також транспортних засобів, які сприяють підвищенню споживання енергії. В обох випадках існує занепокоєння щодо того, як це шкодить викидам вуглецю в глобальному масштабі.

Економічний та екологічний парадокс логістичної галузі породжує концепцію зеленої логістики (ЗЛ) [86]. Мета полягає в тому, щоб постачати товари та послуги сталим шляхом, не перешкоджаючи довгостроковим економічним показникам галузі [86]. Концепцію ЗЛП було запропоновано Рао та Холтом [135], а пізніше розширено Картером та Роджерсом [81]. Щоб вирішити проблему пріоритетності прибутку логістичними підприємствами над екологічними проблемами, можна розвинути зелені конкурентні переваги шляхом впровадження екологічно чистих методів. Це може призвести до створення нових експортних та прибуткових перспектив, що зрештою підвищить економічну ефективність. Крім того, управління зеленим ланцюгом поставок (ЗЛП) – це специфічна галузь, у якій циркулярні організації можуть залучатися для гарантування довгострокової стійкості [109]. Це являє собою плідний напрямок досліджень для галузі, яку інакше важко трансформувати.

Технології та інновації є ключовими рушійними силами розвитку в багатьох галузях. Вплив інновацій на ланцюг поставок очевидний, оскільки вони значно покращують логістичні можливості. Протягом усього процесу створення та постачання продукції інновації покращили способи обробки матеріалів та цифрового оформлення замовлень [156]. Це призвело до зниження витрат для підприємств з точки зору операцій та транзакцій, але також призвело до збільшення споживання енергії. Крім того, інновації можуть слугувати життєво важливим активом у переході до сталого розвитку логістики. Інвестування в чистіші технології може сприяти впровадженню методів зеленої логістики протягом усього логістичного процесу. Це, у свою чергу, може призвести до зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та підвищення довгострокової прибутковості галузі [135], а водночас і національної складової глобальної доданої вартості економіки. Тому інновації розглядаються як важливий елемент «зеленого коридору», який спрямований на регулювання екологічних проблем, що можуть впливати на використання палива. У контексті компанії взаємозв'язок між інноваціями та логістичною ефективністю є численним [132]. Однак, на макrorівні доказів недостатньо, що вимагає додаткових досліджень.

Дослідницькі проблеми логістичного сектору є масштабними та міждисциплінарними. Окремі дослідження розглядали труднощі та можливі шляхи вирішення проблеми в логістичному секторі [99]. Більшість досліджень зосереджені на певному аспекті логістичної галузі та галузі ланцюгів поставок [76, 81, 135]. Кілька досліджень спеціально досліджували взаємозв'язок між логістичною ефективністю та економічним розвитком [132,156].

Інвестування в інфраструктуру суттєво впливає на логістичну ефективність. Кілька досліджень надали докази, що підтверджують розподіл ресурсів на транспортну інфраструктуру як каталізатор економічного розвитку країни чи регіону [126]. Лакшманан [113] показав, що посилений потік товарів і послуг призводить до збільшення торгівлі, що, у свою чергу, призводить до кращого постачання робочої сили та поширення технічних знань. Хадару та

Сітана [110] стверджували, що логістичні навички країн мають значний вплив на інвестиційні рішення.

Більшість досліджень економічного впливу, пов'язаних з морською торгівлею, здебільшого зосереджувалися на конкретному морському порту або географічному районі. Ден та ін. [88] виявили помітну кореляцію між економічним розвитком певних регіонів та збільшенням діяльності з доданою вартістю, що відбувається в китайських портах. Крім того, варто зазначити, що логістика виступає посередником між сприянням торгівлі та міжнародною торгівлею. Боттасо та ін. [79] досліджували вплив портів на місцеві можливості працевлаштування в районах, розташованих в одинадцяти західноєвропейських країнах. Було виявлено, що кожен мільйон тонн чистої пропускної здатності порту генеруватиме близько 400–600 робочих місць у цьому регіоні. Це має негайні соціально-економічні наслідки. Крім того, Боттасо та ін. [79] виявили, що збільшення пропускної здатності порту на 10% може призвести до зростання ВВП регіонів на 6–20%. Крім того, це збільшення також може мати побічний вплив на сусідні регіони, коливаючись від 5 до 18%. Щодо Китаю, Шань та ін. [141] виявили, що навіть збільшення вантажообігу порту на 1% може призвести до зростання ВВП на душу населення на 7,6%. Крім того, пропускна здатність порту країни має сприятливий вплив на економіку сусідніх країн. Аналогічно, Чанг та ін. [82] показали, що економіка Південної Африки може зазнати спаду на 17% в результаті дефіциту портової діяльності на одиницю.

Значна увага зараз приділяється екологічно чистій та сталій логістиці. Було проведено кілька досліджень викидів парникових газів через зростання використання важких транспортних засобів для перевезень, оскільки вони є значним фактором забруднення навколишнього середовища [138]. Отже, науковці зараз надають пріоритет пошуку методів пом'якшення негативного впливу перевезень вантажів у національному та глобальному масштабах. Маккіннон та ін. [122] створили парадигму для дослідження зеленої логістики, яка враховує складний зв'язок між логістичними операціями та їх впливом на навколишнє середовище та витратами. Метою практики зеленої логістики є

мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище, спричиненого логістичними операціями, та досягнення сталого балансу між економічними, екологічними та соціальними цілями. Зелена логістика відіграє значну роль у розвитку концепції зеленого та сталого ланцюга поставок та галузі управління ланцюгами постачання (GSCM).

Дослідження логістичних операцій (ЛО) варіюються відповідно до різних тем дослідження. Абухадер та Йонсон [70] запропонували три основні теми, пов'язані з ЛО, які включають зворотну логістику, оцінку викидів та інтеграцію екологічно чистих практик у логістичні операції та ланцюги поставок. Лише кілька досліджень досліджували значний компроміс між економічною перевагою та впливом на навколишнє середовище в ЛО. Козіматто та Труазі [83] стверджували, що впровадження інновацій ЛО може ефективно пом'якшити екологічні наслідки логістичних операцій, одночасно підвищуючи конкурентоспроможність та стійкість підприємств. Аббасі та Нільссон [69] виділили чотири проблеми, з якими стикаються постачальники логістичних послуг під час створення екологічно чистих сталих логістичних операцій. Ці проблеми включають уподобання клієнтів, складність управління, дисбаланс мережі, а також технологічну та правову невизначеність. Більшість досліджень ЛО зосереджені на пом'якшенні погіршення стану навколишнього середовища, уникаючи при цьому будь-якого негативного впливу на економіку [69,70,83].

Моніторинг екологічної ефективності є вирішальним фактором для менеджерів в організаціях ланцюгів поставок під час прийняття рішень. Для покращення як екологічних, так і економічних аспектів логістичного бізнесу вкрай важливо провести ретельний аналіз рівнів ефективності в різних галузях та країнах. Вплив ефективності логістики на екологічну стійкість очевидний на всіх елементах ланцюга постачання. Інновації підвищили стійкість кількох секторів на кількох рівнях. Логістичний сектор складається з кількох елементів, і інновації на кожному рівні відіграють вирішальну роль у забезпеченні загальної життєздатності галузі. Конкретні технологічні застосування підвищують ефективність логістики завдяки використанню сталих практик. Приклад

позитивної кореляції можна помітити між використанням технології радіочастотної ідентифікації та ефективністю операцій ланцюга постачання для постачальників логістичних послуг [158]. Ардіто та ін. [74] продемонстрували низку технологій та нових тактик, які успішно досягають сталої інтеграції ланцюга постачання. Стрендж та Зухчелла [144] дослідили вплив широкого впровадження нових інформаційних технологій та рішень на організацію діяльності в глобальних ланцюгах створення вартості. Аналогічно, можна стверджувати, що використання передових технологій створює переваги та труднощі для окремих учасників та зацікавлених сторін у ланцюзі постачання [85].

Блейк та Матвейчук [78] дійшли висновку, що у сфері логістики існує значний потенціал для створення доданої вартості, враховуючи постійно зростаючі вимоги клієнтів та поведінку конкурентів. Прийняття стратегічних рішень щодо логістики, особливо з огляду на довгостроковий розвиток логістичних процесів та структур, повинно призвести до постійного виявлення та розвитку логістичного потенціалу для створення доданої вартості.

У більшому масштабі, кілька досліджень вивчали ефективність логістичних операцій та вплив інновацій на досягнення сталого розвитку в логістичному бізнесі. Екічі та ін. [90], використовували штучну нейронну мережу та метод кумулятивних ступенів довіри для оцінки зв'язку між логістикою та глобальною конкурентоспроможністю. Їхні результати показали, що покращення певних показників Індексу глобальної конкурентоспроможності мало значний позитивний вплив на логістичну ефективність країни.

Лу та ін. [119] створили індекс екологічної ефективності логістики для оцінки ефективності 112 країн у сфері зеленого транспорту та логістичної практики. Для цієї оцінки вони використовували вимірювання, скориговані за діапазоном, та аналіз охоплення даних (DEA). Їхнє дослідження розглядає лише екологічний аспект сталого розвитку в логістичному бізнесі.

Ю та Ву [163] використовували стохастичний граничний аналіз для оцінки ефективності регіонального логістичного сектору Китаю та досліджували вплив

ключових змінних, таких як використання логістичних ресурсів та географічні переваги, на ефективність. Ван та Ма [151] оцінили операційну ефективність 30 напрямків логістичної галузі, використовуючи індекс продуктивності Мальмквіста-Люенбергера та триетапну модель DEA. Лі та ін. [115] використовували модель DEA-BCC та індекс Мальмквіста для оцінки ефективності дев'яти локацій вздовж Економічного поясу Шовкового шляху в Китаї. Рашіді та Каллінан [136] оцінили стійкість національної логістичної діяльності країн Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) за допомогою DEA. Щоб отримати комплексний аналіз екологічно чистої та сталої логістики, варто звернутися до роботи Рена та ін. [137]. У своєму дослідженні Ден та ін. [87] використовували метрику DEA на основі Slacks для оцінки ефективності швидкозростаючого логістичного сектору Китаю. Подальші регресійні дослідження були проведені з використанням моделі Тобіта для визначення основних компонентів, які його керують.

Бхатнагар і Тео [87] провели концептуальне дослідження та комплексний огляд літератури про складнощі в розширених ланцюгах поставок та координацію мереж у глобально розподілених ланцюгах поставок. У статті було підкреслено роль логістики у підвищенні конкурентоспроможності фірм та економік, що працюють у глобальному ланцюзі поставок.

У табл. 1.6 наведено порівняння основних підходів до дослідження сталого розвитку логістики.

Таблиця 1.6

Порівняння основних підходів до дослідження сталого розвитку
логістики

Підхід / Концепція	Основні характеристики	Джерела
Традиційна логістика та ланцюг постачання	Орієнтація на ефективність та гнучкість процесів; управління запасами, транспортування, обробка матеріалів та інформації	[129], [76], [99]
Стала логістика (Sustainable Logistics)	Інтеграція екологічних, економічних та соціальних факторів;	[99], [107], [146]

Підхід / Концепція	Основні характеристики	Джерела
	довгострокові цілі; мінімізація негативного впливу на довкілля	
Зелений ланцюг постачання (Green Supply Chain, GSC)	Використання відновлюваної енергії, екологічні стандарти, зменшення викидів; створення «зелених» конкурентних переваг	[86], [135], [81], [109]
Інновації в логістиці	Цифровізація процесів, RFID, чисті технології; зниження витрат, але підвищення споживання енергії; ключовий фактор переходу до сталого розвитку	[156], [132], [158], [74], [144], [85]
Інфраструктурний підхід	Розвиток портів, аеропортів, доріг, складів; стимулювання економічного зростання, але підвищення енергоспоживання та викидів	[126], [113], [110], [88], [79], [141], [82]
Зелена логістика (Green Logistics)	Мінімізація екологічних наслідків; баланс між економічними, екологічними та соціальними цілями; нові дослідницькі парадигми	[86], [138], [122], [70], [83], [69]
Оцінка екологічної ефективності логістики	Використання DEA, індексів продуктивності, стохастичного аналізу; оцінка екологічної та операційної ефективності на рівні країн та регіонів	[90], [119], [163], [151], [115], [136], [137], [87]

Отже, існує безліч досліджень ефективності логістичної галузі. Однак, цим дослідженням, як правило, бракує глибокого багатовимірного аналізу сталого розвитку (економіка, довкілля та суспільство). Взаємозв'язок між інноваціями та факторами, що впливають на ефективність логістики, також відсутній на макрорівні. Багато існуючих досліджень не розглядають інновації як частину мережі переходу до сталого розвитку логістичної галузі. Натомість вони розглядають інновації як зовнішній рушій.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВІДМІННОСТЕЙ ТА ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА РОЗВИТОК РЕГІОНАЛЬНИХ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ

2.1. Побудова системи оцінки показників розвитку регіональних логістичних систем.

Будучи основним стратегічним і інноваційним сектором національної економіки, галузь логістики є суттєвою рушійною силою економічного зростання, прискорюючи обіг продуктів і знижуючи виробничі витрати. На даний час логістичний сектор не тільки має суттєвий вплив на зростання національної економіки, але також відіграє важливу роль в екологічному середовищі.

Кабінет міністрів України схвалив Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року «Drive Ukraine 2030» [51]. Реалізація Стратегії має сприяти перетворенню України на розвинену, високотехнологічну та інноваційну країну завдяки розвитку сфери транспорту та інфраструктури, застосуванню новітніх технологій, підтримці зусиль логістичного сектору щодо зниження витрат і підвищення ефективності, стабільного зростання та розвитку логістичної галузі.

Згідно з статистичними даними, за березень-грудень 2023 року всіма видами транспорту перевезено 282,4 млн тонн вантажів, тоді як за аналогічний період 2022 року – лише 231,1 млн тонн. Тож маємо 22 % загального зростання. Помісячно приріст становив від 17 % до 30 %. [23]. Логістична галузь України, у зв'язку з воєнною агресією росії, була змушена змінювати масштаби ринку та переорієнтовуватись на інші види транспорту. Попри виклики повномасштабного вторгнення логістична галузь демонструє стійкість. Логістичні компанії відновлюють втрачені позиції та продовжують розбудовувати свій бізнес в Україні.

Тим не менше, логістична галузь все ще знаходиться на стадії розвитку. Зосереджуючись на зниженні витрат і підвищенні ефективності, компанії стикаються з такими проблемами, як нерівномірний регіональний розвиток,

низька ефективність виробництва, високі витрати та сильний тиск на навколишнє середовище. Наприклад, додана вартість за витратами виробництва підприємств логістики в Україні сягнула 316,2 трильйонів грн. у 2023 році, що на 21,36 % більше, ніж у 2019 році, в той час як її частка у ВВП країни знизилася за цей же період з 6,55 до 4,67 % [23].

Крім того, галузь логістики все ще є сектором, що забруднює навколишнє середовище. Транспортний сектор споживає значну частку енергії та викидає багато парникових газів, що призводить до забруднення навколишнього середовища та потепління клімату. У 2022 році в країнах ЄС на діяльність транспорту припадало 31% кінцевого енергоспоживання, що зробило його найбільшим споживачем кінцевої енергії, випереджаючи домогосподарства (27%) та промисловість (25%) [62]. Автомобільний транспорт був найбільшим споживачем енергії, відповідаючи за 74% усього споживання енергії на транспорті, на водний транспорт припадало 13% усієї енергії, спожитої на транспорті, за нею йдуть повітряний (9,35%) та залізничний транспорт (1%).

У 2024 році викиди діоксиду вуглецю в атмосферне повітря транспортною галуззю України становили 730,4 тис. тонн, що на 20 % менше, ніж у 2023 році, і на 40% менше, ніж у 2022 році [62]. Така ситуація пояснюється відсутністю авіап перевезень і превалюванням залізничного та автомобільного видів транспорту у зв'язку з воєнною агресією росії в Україні.

Крім того, у 2024 році було прийнято Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року [52], згідно якого до 2030 року планується, що частка енергії з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні енергії в транспортному секторі становитиме не менше 17%, що в перерахунку на натуральні величини складає 830 тис. тонн нафтового еквівалента. Для порівняння, у 2020 році валове кінцеве споживання енергії з відновлюваних джерел у транспортному секторі становило 95 тис. тонн нафтового еквівалента [23], що у 9 разів менше.

Тобто, маючи високі експлуатаційні витрати та потребу у переході на енергію з відновлюваних джерел у валовому кінцевому споживанні, логістична

галузь більше не може продовжувати екстенсивний шлях розвитку і зростання, тобто лише наголошувати на збільшенні «кількості», ігноруючи турботу про «якість».

Тому важливими питаннями є побудова такої системи індексів оцінювання РЛС, яка б дозволила проаналізувати часові тенденції еволюції та просторовий розподіл рівня РЛС, встановити фактори, які на це впливають, виявити чи спростувати наявність просторово-часової неоднорідності у напрямку та масштабі впливу цих аспектів. В даному дослідженні будемо керуватися вивченням політики відповідно до місцевих умов для просування РЛС для різних регіонів України.

Після оголошених у 2019 році Цілей сталого розвитку України на період до 2030 року [16], в країні було взято курс на сталий розвиток, науковці провели численні дослідження та оцінки, на основі яких запропонували різні висновки досліджень.

Зокрема, ще задовго до вищезгаданої Стратегії у 2016 році Міністерством інфраструктури України спільно зі Світовим банком було розроблено проект Стратегії сталої логістики та План дій для України, центральними положеннями якої були «впровадження конкурентної та ефективної транспортної системи; інноваційний розвиток транспортного сектора та стратегічні інвестиційні проекти; забезпечення соціально безпечного, екологічно чистого та енергоефективного транспорту; досягнення безперешкодної мобільності та регіональної інтеграції» [63]. Документ містив комплексну стратегію розвитку сталої логістики, включаючи мультимодальні перевезення, підвищення кваліфікації кадрів, розвиток інфраструктури та інтеграцію з ЄС і мав зв'язок із Національною транспортною стратегією до 2030 року [51].

На даний час існуючі дослідження в основному вивчають рівень розвитку та фактори його впливу (показники) в регіональному розрізі. Зокрема, в [27] запропонована прогностична оцінка показників, що характеризують розвиток регіональної транспортно-логістичної системи окремого економічного району, на підставі якої зроблено висновок, що збереження незначного рівня

продуктивності праці та її зниження, низька капіталовіддача капітальних інвестицій можуть суттєво зменшити обсяги роботи залізничного та автомобільного транспорту. В [59] серед іншого запропоновано і розраховано індекс регіональної логістичної діяльності та здійснено багатовимірну типологію областей регіону за головними логістичними показниками. В [35] розроблена методика діагностики функціонування регіональної транспортно-логістичної системи, яка на основі запропонованих показників дозволила розрахувати комплексну оцінку ефективності функціонування системи та визначити її рівень.

Окремі дослідження зосереджуються на галузевому рівні. Зокрема, в [32] обґрунтовано вибір рентабельності операційної діяльності як інтегрального показника ефективності логістичної системи для підприємств зернопродуктового підкомплексу.

Наявні дослідження, які висвітлюють питання взаємозв'язку показників логістики і сталого розвитку. Зокрема, в [66] розроблено кластерну модель організації логістичної діяльності в регіоні за допомогою 10 груп показників (політичні, інституційні, інвестиційно-фінансові, інфраструктурні, логістичні, тарифні, митні, інноваційні, інформаційні, екологічні), яка забезпечує механізм сталого розвитку регіональної транспортно-логістичної системи. В [49] досліджено методологію логістичного управління процесами ресурсовикористання для вирішення соціально-економічних проблем сталого розвитку регіону та окреслено особливості формування механізмів логістичного управління в регіональному вимірі. В [30-31] розглянуто систему показників для інтегральної оцінки логістичного потенціалу регіону у контексті сталого розвитку регіонів. Зокрема виділено такі його складові: географічна, соціально-економічна, транспортна, інфраструктурна, інституційна.

Таким чином, це дослідження є продовженням шляху опису та узагальнення існуючих досліджень з точки зору формування та визначення факторів впливу РЛС.

По-перше, опис (або конотація) РЛС. РЛС має принаймні дві особливості. З одного боку, якість розвитку логістичної галузі має бути високою. Це знаходить

своє відображення у високоефективній логістиці, рівні обслуговування, екології та захисті навколишнього середовища. З іншого боку, галузь логістики обслуговує соціальну економіку та життя людей. Якість зеленого розвитку логістичної галузі повинна включати масштаб і ефективність логістичної галузі, а також її вплив на навколишнє середовище. Тобто РЛС можна визначити як процес, у якому екологічна ефективність, технологічні інновації, структурна оптимізація, відкрита співпраця та спільне використання довілля реалізуються в унісон. Як зазначається в [30,31,49,66], ключем до такого розвитку РЛС є об'єднання економічних, соціальних та екологічних переваг логістичної галузі.

По-друге, вимірювання рівня РЛС. На даний момент існує два основних способи. Перший метод застосовує єдиний показник для вимірювання розвитку логістичної галузі, такий як зелений TFP [160]. Друга методика полягає в створенні системи індексів оцінки для вимірювання рівня РЛС. Зокрема, в [59] для виділення типів областей за головними логістичними показниками застосовано багатовимірний аналіз, а для інтегральної характеристики логістичної діяльності використано індексний метод. В [66] запропоновано розглядати 10 груп показників логістики, які потім об'єднано в кластерну модель у вигляді синергічного ефекту трьох функцій максимізації. В [27] порівнюються різні види регресійних залежностей (лінійна, степенева), які сформовані на основі підібраних попередньо показників діяльності транспорту. В [35] сформовано початкову систему з 6 показників, на основі якої визначається інтегральна оцінка ефективності функціонування РЛС за формулою коефіцієнта рангової кореляції Кендала. В [32] після розгляду 12 показників обрано в ролі інтегрального показника ефективності логістичної системи рентабельність операційної діяльності. Тобто для вимірювання рівня РЛС науковці використовують дуже широкий та різноманітний спектр методів: від фінансового аналізу [32] до статистичних методів (регресійний [27], кореляційний [35], кластерний [66], індексний та багатовимірний [59] аналіз).

По-третє, фактори, що впливають на РЛС. Існуюча література в основному використовує моделі оптимізації цільових функцій [66], регресійні

залежності або авторегресійну модель [27]. Проте ці праці уникають врахування впливу на РЛС таких новітніх факторів, як цифрові, інноваційні чинники, зелена або циркулярна економіка у зв'язку з відсутністю/неповнотою статистичних даних.

Огляд навної літератури показав, що дослідження РЛС містить низку недоліків. По-перше, є недоліки у виборі показників. З одного боку, існуючі системи оцінювання упереджено/суб'єктивно відображають «власні зміни» в логістичній галузі, такі як масштаб, ефективність та енергоспоживання, тоді як відображення її «внеску в розвиток» дещо неадекватне. З іншого боку, існуючі системи оцінки містять індикатори процесу, такі як витрати на дослідження та розробки, складські площі та інноваційний потенціал, що ускладнює об'єктивне обчислення ефективності РЛС. По суті, метою вимірювання рівня РЛС є об'єктивне відображення досягнутого ступеня РЛС. Таким чином, система індексів оцінювання повинна, наскільки це можливо, вибирати ті показники результатів, які точно відображають статус якісного розвитку, і ці показники процесу не повинні бути включені. По-друге, існують недоліки в оцінці РЛС. Більшість літератури описує та аналізує результати вимірювань або у статичній регіональній перспективі або у динамічному макроекономічному розрізі. Не вистачає поглиблених дискусій щодо одночасної просторово-часової еволюції та регіональних відмінностей РЛС. По-третє, недоліки факторів, що впливають на РЛС. Через регіональні відмінності, політичну волю та економічну базу неможливо прийняти універсальну політику для просування РЛС у різних областях. Результати регресії, отримані з економетричних моделей, які зазвичай застосовуються в існуючій літературі, є лише «усередненими» в тому сенсі, що вони не можуть охопити просторову та часову неоднорідність впливу усього спектру різноманітних факторів на РЛС, що зрештою обмежує теоретичні та політичні висновки досліджень.

Враховуючи вищенаведене, у нас запропоновано систему оцінки РЛС, яка містить чотири виміри з 17 показниками. Далі обчислено рівень РЛС у 25 регіонах України (24 області і м. Київ) за період з 2002 по 2024 роки,

застосовуючи покращений метод ентропійної ваги, і досліджується його динамічна еволюція та просторові відмінності. Додатково перевіряється просторова та часова зміна факторів, що впливають на РЛС, використовуючи модель GTWR.

Тим самим, ми отримаємо наступні переваги порівняно з існуючими дослідженнями.

По-перше, зосереджено увагу на описі (конотації) РЛС і створено комплексну систему індексів оцінки на основі показників результатів. Система індексів відображає як масштаб і ефективність логістичної галузі, так і її вплив на навколишнє середовище в процесі розвитку. Крім того, ця система відображає як зміни в самій галузі логістики, так і внесок її розвитку в інші галузі та засоби до існування людей.

По-друге, проведено комплексний аналіз характеристик РЛС з точки зору просторової та часової еволюції, динаміки розподілу та регіональних відмінностей. Детально проаналізовано характеристики змін і шаблони розподілу рівнів РЛС, як у часовій, так і в просторовій перспективі, і використано оцінку щільності ядра для аналізу динаміки розподілу РЛС і чіткого зображення еволюційної моделі рівня РЛС. Для вивчення регіональних відмінностей у РЛС використано коефіцієнт Дагума Джині, який дозволяє виявляти основні джерела відмінностей, що надало наукові докази для скорочення розриву в розвитку логістичної галузі в різних регіонах.

По-третє, використано модель GTWR для дослідження просторової та часової неоднорідності впливу кожного фактора на РЛС з метою формування місцево адаптованої політики для сприяння РЛС. Цей метод дозволяє ефективно виявити зміну характеристик спрямованості та інтенсивності впливу кожного фактора на РЛС у різних регіонах у різні періоди.

РЛС є специфічним розширенням і вдосконаленням якісного економічного зростання на промисловому рівні. Як правило, якісний розвиток на промисловому рівні в основному включає розширення масштабу, структурну оптимізацію, підвищення ефективності та екологічний розвиток [30]. Хоча, що

стосується логістичної галузі, характер її послуг також необхідно враховувати. Відповідно до опису (конотації) якісного економічного розвитку на макрорівні та його загальної теорії на промисловому рівні, у поєднанні з особливостями самої логістичної галузі, конотація РЛС може бути здійснена за чотирма вимірами:

- масштаб виробництва,
- якість експлуатації,
- соціальний внесок,
- зелений розвиток.

Значення РЛС та її основні компоненти показано на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Конотація РЛС та її основні компоненти, розроблено автором

Масштаб виробництва. Збільшення обсягів виробництва, а, отже, й логістичних послуг, є основою економічного розвитку. Таким чином, розвиток РЛС робить наголос на якості на основі кількості та дотримується симбіозу якості та кількості. Однак це не означає, що галузь логістики повинна повністю відмовитися від масштабу виробництва і шукати більш якісний розвиток на основі конкретного масштабу. Тобто РЛС сприяє «кількості», щоб рівень

логістичної галузі зростав «розумно». Логістична діяльність, представлена «масштабом», відображає РЛС. Масштаб випуску РЛС можна відобразити у двох аспектах:

- Масштаб кількості, тобто збільшення обсягу бізнесу. Кінцевою метою РЛС є задоволення потреб населення в матеріально-технічному забезпеченні, тому важливо надати населенню можливість ділитися досягненнями РЛС. Збільшення обсягів бізнесу може показати, що галузь логістики надає більше послуг для промислового виробництва та життя громади.

- Шкала вартості, тобто збільшення доданої вартості логістичної галузі (ДВЛГ). Додана вартість відображає масштаб ринку та потужність розвитку логістичної галузі регіону. Без значного збільшення ДВЛГ РЛС не матиме «кількісної» основи, що може призвести до того, що деякі групи не зможуть отримати логістичні послуги, а також поставити під загрозу якість розвитку логістичної галузі.

Виходячи з цього, вимірювання шкали результатів складається з двох субіндикаторів: кількісної шкали та шкали цінностей.

Якість експлуатації. Якісний розвиток наголошує на якості зростання перш за ефективність. Тому РЛС має наголошувати на якості та змінювати «чи є», «скільки» на «наскільки відмінно», «наскільки добре», що є частиною вимог до якості. Проведений раніше аналіз засвідчив, що в цьому секторі все ще є проблеми, такі як низька ефективність, високі витрати та надмірне споживання енергії [27,32,35,49,59]. Таким чином, значення РЛС має включати покращення якості роботи та може бути продемонстровано в трьох аспектах:

- Ефективність випуску. Галузь логістики можна розглядати як таку, що знаходиться на стадії якісного розвитку, коли її розвиток спирається на підвищення ефективності факторів виробництва, а не на великомасштабні ресурси.

- Структурна оптимізація. Оптимізація промислової структури є важливим проявом якісного розвитку. Структурні проблеми логістичної галузі

висвітлюються в регіональній структурі, міській і сільській структурі та транспортній структурі.

Виходячи з цього, параметр якості роботи включає два субіндикатори: ефективність випуску та структурна оптимізація.

Соціальний внесок. Якісний розвиток включає не лише економічні ефекти, створені самою галуззю, але й соціальні, культурні та інші непрямі ефекти, породжені розвитком галузі. У [49] зазначено, що розвиток галузі логістики покликаний не лише створити можливості для оподаткування та працевлаштування в самій галузі, але й підтримувати пов'язані галузі, такі як сільське господарство та виробництво. Таким чином, соціальний внесок має бути включений до конотації РЛС і може бути розділений на два аспекти:

- Промислова підтримка. РЛС означає, що пов'язаним галузям можна надавати більш ефективні та зручні логістичні послуги, таким чином підвищуючи ефективність виробництва та знижуючи витрати на логістику пов'язаних галузей. Крім того, розвиток галузі логістики та пов'язаних з нею галузей також сприяє більш раціональній та прогресивній промисловій структурі в цілому.

- Поліпшення життєвого рівня населення. Якщо робити акцент лише на розвитку самої галузі і нехтувати потребами людей, то такий розвиток також буде неякісним. Отже, об'єктивна оцінка рівня РЛС має ґрунтуватися на важливому критерії того, чи покращує він життя людей.

Виходячи з цього, вимір соціального внеску включає два субіндикатори: підтримка промисловості та покращення життєвого рівня населення.

Зелений розвиток. Зелений розвиток кваліфікується як суть і ядро якісного розвитку. Тому зростання, яке суто переслідує економічні агрегати, ігноруючи захист навколишнього середовища, є низькоякісним і від нього слід відмовитися. Швидке зростання логістичної галузі країни відбувається за рахунок споживання енергії та погіршення сталого середовища існування [30]. Парникові гази, такі як вуглекислий газ, що викидаються внаслідок споживання енергії, завдають

значної шкоди навколишньому середовищу. Таким чином, РЛС має захищати екологічне середовище, від епохи «чорного розвитку» до «зеленого розвитку». Крім того, сприйняття зеленого розвитку як однієї з основних конотацій є важливою вимогою для логістичної галузі для реалізації Цілей сталого розвитку України [16]. Зелений розвиток логістичної галузі в основному проявляється у двох аспектах:

- Енергозбереження. Енергозбереження в логістичній галузі означає зменшення споживання енергії та підвищення ефективності логістичного процесу.
- Зменшення викидів вуглецю. Скорочення викидів вуглецю в логістичній галузі стосується скорочення викидів парникових газів, головним чином CO₂, у процесі логістики.

Виходячи з цього, вимір зеленого розвитку складається з двох субіндикаторів: енергозбереження та скорочення викидів вуглецю.

Формування системи показників оцінювання. При формуванні системи показників ми виходили із фундаментальних принципів науковості, орієнтації на результат, доступності даних, вичерпності, лаконічності та стислості при виборі показників [10]. Маючи глибоке розуміння наслідків РЛС, оціночні показники мали широке охоплення та відсорткування з проаналізованої вище літератури. В результаті було створено систему індексів оцінки, яка включає 17 фундаментальних показників у чотирьох вимірах: масштаб виробництва, якість роботи, соціальний внесок і зелений розвиток (таблиця 2.1). Порівняно з попередніми дослідженнями система індексів оцінки РЛС має наступні переваги:

- У порівнянні з одним індикатором, як це було зроблено, наприклад, в [32], система індексів оцінки краще відображає багатовимірний характер РЛС. Таблиця 2.1 відображає як масштаби та ефективність розвитку логістичної галузі, так і вплив розвитку логістики на суспільство та навколишнє середовище, що дає змогу комплексно оцінити РЛС.

– На відміну від суто кількісних абсолютних параметрів, як це зроблено в [27,35,66], нами було вибрано відносні показники результатів, які відображають ступінь та ефективність РЛС, а вимірювання за показниками результатів може зробити результати оцінки більш науковими та обґрунтованими.

– РЛС включає як прямі економічні ефекти, створені нею самою, так і непрямі ефекти, викликані розвитком галузі. Таблиця 2.1 інтегрує вимір соціального внеску в систему індексів оцінки РЛС і вибирає шість основних індикаторів для вивчення радіаційної спроможності РЛС, що є тим, що більшість літератури має тенденцію ігнорувати, наприклад, [30,49].

Таблиця 2.1

Система індексів оцінки РЛС, розроблено автором

Виміри	Субіндикатори	Основні показники	Вимірювання	Одиниці вимірювання	Властивості
Масштаб виробництва	Масштаб кількості	Обсяг вантажів на душу населення (x_1)	Обсяг вантажів/Загальна кількість населення	тонн / особу	Позитивний
		Обсяг бізнесу на душу населення (x_2)	Обсяг бізнесу/Загальна кількість населення	тис. грн. / особу	Позитивний
	Шкала цінностей	ДВЛГ на душу населення (x_3)	Додана вартість логістичної галузі (ДВЛГ)/Загальна кількість населення	тис. грн. / особу	Позитивний
		Частка ДВЛГ (x_4)	ДВЛГ /ВВП	грн. / 1 тис. грн. ВРП	Позитивний
Якість експлуатації	Ефективність випуску	Продуктивність праці (x_5)	ДВЛГ /Кількість зайнятих в логістиці	тис. грн. / особу	Позитивний
		Фондовіддача (x_6)	ДВЛГ / Капітальні інвестиції	грн./1 грн. інвестицій	Позитивний
		Ефективність використання землі (x_7)	ДВЛГ /Довжина транспортних шляхів	грн. / 1 км	Позитивний

Виміри	Субіндикатори	Основні показники	Вимірювання	Одиниці вимірювання	Властивості
	Структурна оптимізація	Транспортна структура (x_8)	Автомобільний вантажообіг/Загальний вантажообіг	%	Негативний
		Місто-сільська структура (x_9)	Співвідношення міського та сільського доходів на душу населення	пунктів	Негативний
Соціальний внесок	Промислова підтримка	Продуктивність праці в сільському господарстві (x_{10})	Додана вартість сільського господарства/Кількість зайнятих в сільському господарстві	грн. / особу	Позитивний
		Продуктивність праці в промисловості (x_{11})	Додана вартість галузі/Кількість зайнятих в промисловості	грн. / особу	Позитивний
		Розширена промислова структура (x_{12})	Додана вартість третинної галузі ¹ /Додана вартість вторинної галузі ²	грн. / 1 грн.	Позитивний
	Поліпшення життєвого рівня населення	Збільшення податкових надходжень (x_{13})	Прибуток до оподаткування логістичної галузі/кількість зайнятих в логістиці	грн. / особу	Позитивний
		Збільшення доходів (x_{14})	Темпи зростання середньої заробітної плати в галузі логістики	%	Позитивний
		Поглинання зайнятості (x_{15})	Кількість зайнятих у логістиці/Кількість зайнятих	%	Позитивний

¹ Третинна галузь, або сфера послуг, включає в себе економічну діяльність, пов'язану з наданням послуг, а не з виробництвом матеріальних благ. До неї відносяться такі види діяльності, як торгівля, транспорт, фінанси, освіта, охорона здоров'я, туризм та багато інших.

² Вторинний сектор економіки охоплює галузі, що займаються переробкою сировини, отриманої з первинного сектору, у готову продукцію. До нього належать переробна промисловість та будівництво.

Виміри	Субіндикатори	Основні показники	Вимірювання	Одиниці вимірювання	Властивості
Зелений розвиток	Енергозбереження	Споживання енергії на одиницю доданої вартості (x_{16})	Енергоспоживання логістичної галузі/ДВЛГ	ГВт-год. / грн.	Негативний
	Зменшення викидів вуглецю	Викиди вуглецю на одиницю доданої вартості (x_{17})	Викиди вуглецю в логістичній галузі/ДВЛГ	тис. тонн / грн.	Негативний

Сформована система індексів оцінювання розглянута в трьох аспектах і повністю перевірена її застосовність. По-перше, розроблено опис(конотацію) РЛС з чотирьох вимірів у глибину, щоб закласти міцну теоретичну основу для побудови системи індексів оцінки РЛС і переконатися, що побудована система індексів оцінки є науково раціональною та застосовною. По-друге, ключем до побудови системи індексів оцінки РЛС є вибір розмірів. Як правило, якісна розробка є багатовимірною концепцією, тобто РЛС вимірюється в багатьох вимірах. Таким чином, на додаток до виміру масштабу, було обрано вимір ефективності, вимір соціального внеску та зелений вимір, які можуть більш повно відображати поточну ситуацію РЛС. По-третє, створена система оціночних індексів узагальнила політичні директиви та результати попередніх досліджень. З одного боку, повністю використано та асимільовано існуючі дослідження, успадковуючи та розвиваючи ключові показники масштабу, ефективності та середовища з існуючих досліджень [27,66,59,35,32,49,31,30,160]. З іншого боку, розглянуто серію відповідних політичних документів [51,62,52,16,63], таких як, наприклад, Цілі сталого розвитку [16], і додано відповідні показники, такі як «соціальний внесок» та «зелений розвиток». Надзвичайно важливо відзначити, що вихідні дані для всіх цих показників, згаданих вище, доступні через офіційні статистичні джерела [23]. Підсумовуючи, побудована система індексів оцінювання ґрунтується на дослідженнях сучасних викликів, національних

реаліях та наукових працях українських та закордонних вчених, і тому має широку застосовність. Безумовно, систему індексів оцінки необхідно перевірити на її застосовність у наступних вимірюваннях конкретного застосування. Якщо система індексів оцінки може отримати точні та ефективні результати оцінювання в застосуванні вимірювання, достатньо перевірити її застосовність і здійсненність.

Фактори впливу. Галузь логістики - це комплексна галузь, що об'єднує транспортування, складування та інформацію, а РЛС — це багатовимірна концепція. Таким чином, фактори, що впливають на РЛС, не є єдиними, а мають включати кілька аспектів.

Структура PEST аналізу (політичний, економічний, соціальний, технологічний) служить аналітичним інструментом, який можна використовувати для оцінки впливу макросередовища на розвиток бізнесу чи галузі [121]. Отже, в рамках PEST аналізу і в поєднанні з результатами існуючих досліджень вибрано фактори, що впливають на РЛС (рис. 2.2):

– *Політичний фактор.* Політичний фактор стосується впливу політичної системи країни чи регіону, керівних принципів і політики, законів і нормативних актів на розвиток галузі. Зелений розвиток є ядром і суттю РЛС. Екологічне регулювання – це регулювання підприємницької діяльності урядом шляхом розробки відповідної політики та заходів для захисту навколишнього середовища та зменшення забруднення і демонстрації волі уряду [52]. Відповідно, екологічне регулювання вибрано як політичний фактор.

– *Економічний фактор.* Економічні чинники охоплюють широкий спектр факторів, включаючи промислове розташування, статус ресурсів, рівень економічного розвитку, глобалізацію (вільний рух капіталу) тощо. Посилаючись на [28], капітальні інвестиції вибрані як економічний фактор.

– *Соціальний фактор.* Транспортна інфраструктура не лише є важливою гарантією суспільного виробництва та життя населення, але й є

першорядною умовою розвитку логістичної галузі [61]. Виходячи з цього, як соціальний фактор обрано транспортну інфраструктуру.

– *Технологічний фактор*. В якості технічних факторів обрано інноваційний потенціал і рівень цифровізації. Цифрова економіка, заснована на новому поколінні інформаційних технологій, стала новою рушійною силою економічного розвитку [101].



Рис. 2.2. Фактори впливу на основі PEST аналізу, розроблено автором

Таким чином, вибрано п'ять елементів, які впливають на РЛС наступним чином.

– Інноваційний потенціал (z_1). Наукові та технологічні інновації є важливим рушієм якісного економічного розвитку [101]. Кількість підприємств, що впроваджували інноваційні процеси - це специфічне представлення конкурентоспроможності інновацій. Таким чином, враховуючи часовий лаг для оцінки інноваційної спроможності в галузі використовується кількість підприємств, що впроваджували інноваційні процеси у логістичній галузі.

– Рівень цифровізації (z_2). Цифрові технології, які сприймають дані як критичний елемент виробництва, стають новим ендегенним двигуном зростання [114]. Водночас цифрові технології можуть підвищити ефективність виробництва, зменшити споживання енергії та викиди вуглекислого газу, таким

чином забезпечуючи якісне економічне зростання. Для кількісного відображення рівня цифровізації використано факторний аналіз для моделювання чотирьох показників – доступ до мережі Інтернет, наявність вебсайту, використання соціальних медіа, використання послуг хмарних обчислень – в один показник для відображення рівня цифровізації.

– Капітальні інвестиції (z_3). Приплив інвестицій може вплинути на ефективність виробництва приймаючої країни, рівень технології та умови навколишнього середовища [130]. Таким чином, інвестиції також можуть бути важливою потенційною причиною, що впливає на РЛС.

– Транспортна інфраструктура (z_4). Досконала транспортна інфраструктура є перевагою для прискорення передачі капіталу, технологій, робочої сили, а також інших компонентів, що допомагає зменшити вартість мобільності факторів і додатково підвищити ефективність розподілу ресурсів [28]. Транспортна інфраструктура виміряна як (загальна протяжність залізниць + загальна протяжність внутрішніх водних шляхів + загальна протяжність шосе)/загальна площа регіону.

– Екологічне регулювання (z_5). Екологічне регулювання має важливе значення для якісного економічного зростання [52]. Для його характеристики використано частку регіонального ВВП у загальному споживанні енергії, щоб відобразити силу екологічного регулювання. Чим більше співвідношення, тим сильніше регіональне екологічне регулювання.

2.2. Оцінка рівня розвитку регіональних логістичних систем на основі вдосконаленого методу ентропійної ваги

Логістика не підпадає під Класифікацію видів економічної діяльності (КВЕД) в Україні. Як і більшість присвяченої літератури аналізу логістики, ми замінили галузь логістики транспортуванням, зберіганням і поштовим зв'язком, які відповідають класифікатору видів економічної діяльності Н «Транспорт,

складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність». Для оцінки показників розглянуто 24 області України та м. Київ³ за період з 2002 по 2024 роки. Вихідні дані взято з сайту Державної служби статистики України та сайтів Головних управлінь статистики в областях України та м. Києві. Щоб усунути вплив коливання цін, змінні, пов'язані з цінами, конвертувалися у фактичні значення з використанням 2002 року як базового року. Відсутні дані було доповнено методами лінійної інтерполяції та лінійного тренду, щоб забезпечити цілісність вибірових даних. Таблиця 2.2 відображає описові характеристики статистичних результатів пояснювальних змінних.

Таблиця 2.2

Описова статистика пояснювальних змінних, розроблено автором

Назва змінної	Позначення змінної	Одиниця вимірювання	Середнє значення	Стандартне відхилення	Мінімум	Максимум
Інноваційна спроможність	z_1	одиниць	77,79	11,92	73,92	116,40
Рівень цифровізації	z_2	%	19,52	6,75	5,86	31,46
Капітальні інвестиції	z_3	млн. грн.	13660,15	13952,75	14273,21	14625,72
Транспортна інфраструктура	z_4	км/км ²	0,12	0,01	0,09	0,14
Екологічне нормування	z_5	грн./КВт-год.	1344,21	1281,88	172,37	4669,65

Покращений метод ентропійної ваги. Система індексів оцінки РЛС складається з кількох індикаторів, тому ваги кожного індикатора необхідно спочатку визначити перед вимірюванням. Удосконалений метод ентропійної ваги, який враховує час для розрахунку ваги, має деякі переваги при розрахунку даних тривимірної панелі для регіонів, індикаторів і часу. Це пояснюється тим, що традиційний метод ентропійної ваги для встановлення матриці оцінки кожного індексу оцінки в кожному році також може реалізувати безрозмірність

³ Дані наведено без урахування тимчасово окупованих російською федерацією територій та частини територій, на яких ведуться (велися) бойові дії [2].

даних, але він враховує лише просторовий фактор і ігнорує часовий фактор. Тобто традиційний метод ентропійної ваги використовує лише статистичну інформацію для кожного показника в кожному році, використовуючи локальну еталонну область, що перешкоджає вертикальному порівнянню результатів вимірювань у часі.

Удосконалений метод ентропійної ваги включає змінну часу на основі традиційного методу ентропійної ваги та використовує для розрахунку ентропійної ваги кількість інформації з індикаторів усіх досліджуваних об'єктів протягом усього періоду дослідження. На відміну від цього, ключовою перевагою вдосконаленої системи ентропійних ваг є те, що вона використовує інформацію про індикатори як у просторових, так і в часових вимірах, використовуючи глобальну еталонну область, що дозволяє як вертикальне, так і горизонтальне порівняння результатів оцінки [164]. Нами використано покращений метод ентропійної ваги для вимірювання рівня РЛС у 25 регіонах України з 2002 по 2024 роки.

Припустимо, що є n об'єктів оцінювання, кожен з m показників, і проміжок часу з q періодів, ми будемо глобальну кубоїдну матрицю K порядку $nq \times m$, і $K = \{x_{ij}^t | i \in [1, n], j \in [1, m], t \in [1, q]\}$ [6,8]. Нижче наведено етапи реалізації вдосконаленого методу ваги ентропії.

1. Стандартизація початкових даних.

Позитивний показник:

$$y_{ij}^t = \frac{x_{ij}^t - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (2.1)$$

Негативний показник:

$$y_{ij}^t = \frac{\max x_j - x_{ij}^t}{\max x_j - \min x_j} \quad (2.2)$$

вказує вихідні дані, а $\min x_j$ і $\max x_j$ вказують на мінімальне та максимальне значення всіх оцінюваних об'єктів j -го показника в період дослідження відповідно. Крім того, y_{ij}^t позначає стандартизовані дані j -го показника i -ї області в році t .

2. Визначення початкової ваги індикатора.

$$p_{ij}^t = \frac{y_{ij}^t}{\sum_{t=1}^q \sum_{i=1}^n y_{ij}^t} \quad (2.3)$$

3. Обчислення інформаційної ентропії кожного показника.

$$E_j = -[\ln(qn)]^{-1} \times \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^q [p_{ij}^t \times \ln(p_{ij}^t)] \quad (2.4)$$

При початковій вазі індикатор $p_{ij}^t = 0$, потім його визначають за формулою

$$\lim_{p_{ij}^t \rightarrow 0} p_{ij}^t \times \ln(p_{ij}^t) = 0.$$

4. Обчислення ваги кожного показника.

$$W_j = \frac{1-E_j}{m-\sum_{j=1}^m E_j} \quad (2.5)$$

5. Оцінка рівня РЛС S .

$$S_i^t = \sum_{j=1}^m (W_j \times y_{ij}^t) \quad (2.6)$$

Оцінка щільності ядра. Оцінка щільності ядра — це непараметричний метод, який може описати модель розподілу випадкової величини в термінах неперервної кривої щільності. Метод широко використовується в аналізі просторової нерівноваги. Наприклад, в [94] метод оцінки щільності ядра використано, щоб зобразити позицію розподілу, структуру та загальну продуктивність факторів (TFP). Припускаючи, що випадкова величина X підкоряється ідентичному розподілу, функція щільності $f(x)$ це:

$$f(x) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N K\left(\frac{X_i - \bar{x}}{h}\right) \quad (2.7)$$

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) \quad (2.8)$$

де X_i — спостережуване значення, N — кількість спостережень, h — пропускна здатність, а K — функція Гауса.

Коефіцієнт Джині. Коефіцієнт Джині став широко популярною методологією для вимірювання регіональних відмінностей. Наприклад, в [127] коефіцієнт Джині застосовано для вивчення регіональних відмінностей у фінансуванні охорони здоров'я. Нами застосовано коефіцієнт Джині для розрахунку регіональних відмінностей у РЛС та аналізу джерел регіональних

відмінностей шляхом їх декомпозиції [84]. Загальний коефіцієнт Джині G розраховується наступним чином:

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ij} - y_{hr}|}{2n^2 \bar{y}} \quad (2.9)$$

де n і k означають загальну кількість областей і загальну кількість розділених регіонів відповідно; j і h – індекси областей; i і r – нижні індекси областей; n_j (n_h) представляє загальну кількість областей у j -му (h -му) розділеному регіоні; y_{ij} (y_{hr}) вказує РЛС в i -й (r -й) області в j -му (h -му) регіоні. Крім того, $\bar{y}$ являє собою його середнє значення.

Відповідно до методу декомпозиції підгрупи, G можна розкласти на внутрішньорегіональну варіацію G_w у загальну G , внесок міжрегіональної диспропорції G_{nb} у загальну G та функцію гіперваріабельної щільності G_t у загальну G .

$$G = G_w + G_{nb} + G_t \quad (2.10)$$

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} p_j s_j \quad (2.11)$$

$$G_{jj} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ji} - y_{jr}|}{2n_j^2 \bar{y}_j} \quad (2.12)$$

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) D_{jh} \quad (2.13)$$

$$G_{jh} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} \frac{|y_{ji} - y_{hr}|}{n_j n_h (\bar{y}_j + \bar{y}_h)} \quad (2.14)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) (1 - D_{jh}) \quad (2.15)$$

$$D_{jh} = \frac{(d_{jh} - p_{jh})}{(d_{jh} + p_{jh})} \quad (2.16)$$

де $p_j = n_j/n$ і $s_j = n_j \bar{y}_j / n \bar{y}$;

G_{jj} означає коефіцієнт Джині j -ї області;

G_{jh} означає коефіцієнт Джині j -ї області та h -ої області;

D_{jh} відображає відносний ступінь впливу між j -ою областю та h -ою областю;

d_{jh} означає математичне сподівання всіх значень вибірки в j -й області та h -й області, які задовольняють $y_{ji} - y_{hr} > 0$;

p_{jh} означає математичне сподівання всіх значень вибірки в j -й області та h -й області, які забезпечують $y_{hr} - y_{ji} > 0$.

Згідно з табл. 2.1, далі застосовано покращений метод ентропійної ваги для оцінки рівня РЛС у 24 областях України та м. Київ⁴ за період з 2002 по 2024 роки. На рис. 2.3 показано середнє значення та середній коефіцієнт зростання рівня РЛС у кожному регіоні.

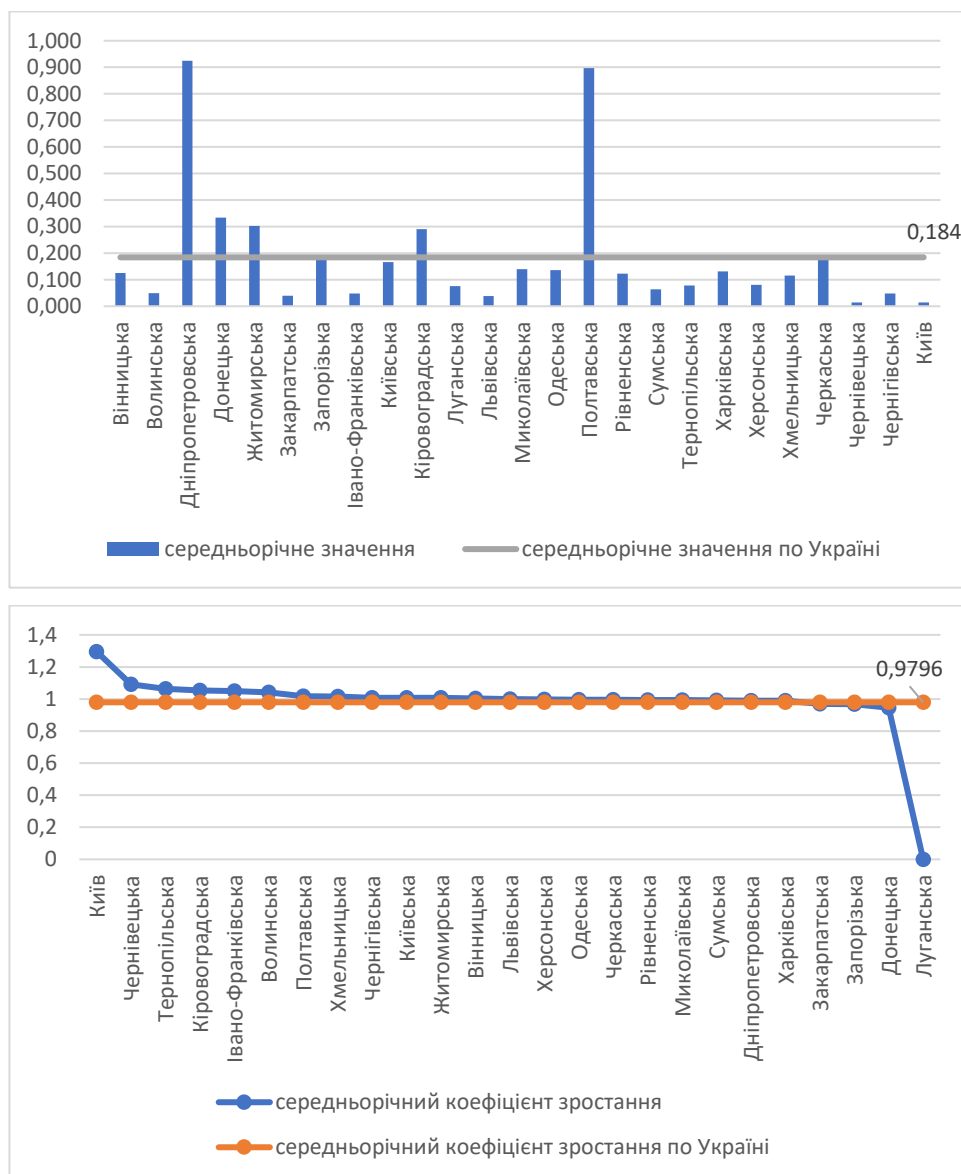


Рис. 2.3. Середньорічні значення та коефіцієнт зростання рівня РЛС, розроблено автором

⁴ Дані наведено без урахування тимчасово окупованих російською федерацією територій та частини територій, на яких ведуться (велися) бойові дії [2].

Середній рівень РЛС у шести областях, включаючи Дніпропетровську, Полтавську, Донецьку, Житомирську, Кіровоградську та Запорізьку, перевищує середній по країні (0,184). Три з них (Дніпропетровська, Полтавська, Кіровоградська обл.) розташовані у центральному регіоні, Донецька – у східному, Запорізька – у південному, а Житомирська – у північному регіоні. Ці області мають стратегічне значення в логістичній інфраструктурі України завдяки своєму географічному розташуванню та розвиненій транспортній мережі.

Наприклад, в Дніпропетровській області найбільша протяжність доріг в Україні, проходять міжнародна траса М04, М18, 6 логістичних хабів для митного оформлення, перевалки та зберігання вантажів. Придніпровська залізниця — одна з найпотужніших в Україні, з протяжністю понад 1 000 км. Річка Дніпро — головна водна артерія, що перетинає область з півночі на південь. Порти: Дніпро, Кам'янське, Нікополь — судна типу «річка-море» забезпечують вихід у Чорне море. Таким чином, Дніпропетровська область з РЛС 0,923 – це стратегічна область в Україні з точки зору логістики, яка є транзитною ланкою між сходом і заходом України, з високою концентрацією промислових підприємств, що потребують стабільної логістики, розвиненою мультимодальною інфраструктурою — автомобільним, залізничним, річковим, повітряним транспортом.

Через Полтавську обл. (значення РЛС – 0,896) проходить міжнародна траса М03 (Київ–Харків–Довжанський), забезпечуючи зв'язок між столицею та східними регіонами. Регіональні дороги з'єднують область із Сумською, Черкаською, Дніпропетровською та Харківською областями. Вузлова станція Полтава-Південна — важливий логістичний хаб для вантажних перевезень. Річка Дніпро — хоча не проходить безпосередньо через Полтаву, місто Кременчук має портове господарство, що дозволяє здійснювати вантажні перевезення водним шляхом. Всім областям притаманна розвинена інфраструктура — наявність складів, терміналів, автопарків.

Середній рівень РЛС в інших областях становить від 0,013 (Чернівецька обл.) до 0,179 (Черкаська обл.), а 10 найнижчих позицій займають західні

(Чернівецька (0,013), Львівська (0,037), Закарпатська (0,039), Івано-Франківська (0,048), Волинська (0,049), Тернопільська (0,078)) та північні області (м. Київ (0,014), Чернігівська (0,048), Сумська (0,063)). Луганська область, не зважаючи на важливість для внутрішньої логістики, через обмежений доступ починаючи з 2014 року посідає місце в десятці областей з найнижчим рівнем РЛС (0,076).

Зовсім іншою є картина за середнім значенням коефіцієнта зростання РЛС, яке порівнює значення поточного показника у 2024 році до початкового у 2002 році. Військові дії на сході та півдні країни переформатували її логістичну карту. Зокрема, серед 10 областей з найбільшим середньорічним темпом зростання РЛС п'ять областей знаходяться в західному регіоні (Чернівецька (1,092), Тернопільська (1,063), Івано-Франківська (1,050), Волинська (1,042), Хмельницька (1,016)) три області з північного регіону (м. Київ (1,296), Чернігівська (1,007), Київська (1,007)) та дві з центрального регіону (Кіровоградська (1,054), Полтавська (1,017)). Причому м. Київ перевищує середньорічний темп зростання по Україні (0,9796) на 31,6%, Чернівецька обл. на 11,2%, інші області – від 2,7 до 8,4%.

Тоді як 12 областей з найнижчим рівнем зростання знаходяться переважно в східному (Луганська (0,0), Донецька (0,945), Харківська (0,989)), південному (Запорізька (0,968), Миколаївська (0,994), Одеська (0,996), Херсонська (0,998)) та північному (Сумська (0,992)) регіонах. Серед них середньорічні темпи зростання в Донецькій обл. є нижчими за середньорічні по країні на 3,4%, причому в 12 з 25 регіонів спостерігається негативне зростання.

Загалом рівень РЛС в інших 13 областях досяг різного ступеня зростання, що свідчить про те, що логістична галузь України, не зважаючи на триваючі військові дії та агресію північного сусіда, досягла певних позитивних результатів у якісному розвитку. Цей результат цілком узгоджується з стратегічними програмами розвитку логістичної галузі України.

Таким чином, хоча логістична галузь України розвинена певною мірою, рівень розвитку логістичної галузі в центральному регіоні вищий, ніж у західному та північному регіонах, і існує очевидна регіональна нерівномірність.

Виходячи з цього, результати оцінки протягом 2002-2024 рр., отримані шляхом застосування системи індексів, об'єднаних в інтегровану оцінку РЛС, можуть добре відображати фактичну ситуацію розвитку логістичної галузі України, вказуючи на те, що система індексів оцінки є достовірною та застосовною для подальшого моделювання та прогнозування.

Характеристика часової еволюції

На рис. 2.4 зображено часову тенденцію розвитку РЛС у всій країні та п'яти основних регіонах.

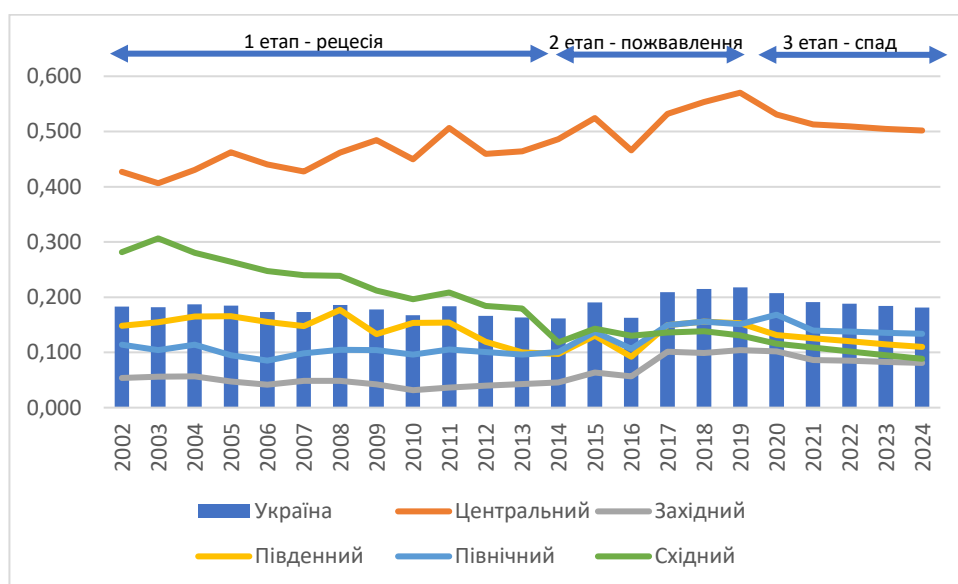


Рис. 2.4. Характеристика часової еволюції рівня РЛС, розроблено автором

По всій країні рівень РЛС піднявся з 0,161 у 2014 році до 0,218 у 2019 році із середнім значенням 0,184 і середньорічним темпом зростання -0,04 %. Ця еволюція умовно поділяється на три етапи.

Перший етап – повільний спад або рецесія (2002–2014 рр.). Його загальна тенденція на цьому етапі загалом дещо низхідна. Другий етап — це етап адаптації та пожвавлення (2015–2019 рр.), і рівень РЛС у 2019 р. був на 5,6 % вищим, ніж у 2014 р. Несучи на собі тягар глобальної кризи, спричиненої пандемією COVID-19, він став свідком поступового зниження після 2019 року. Щоб впоратися з цією кризою, а також забезпечити стабільне та здорове зростання логістичної галузі, було сформовано Національну транспортну стратегію України на період до 2030

року «Drive Ukraine 2030», метою якої стало «створення ефективного транспортного комплексу України, інтегрованого у світову транспортну мережу, та забезпечення його безпечного функціонування, досягнення Україною статусу регіонального транспортного хабу, задоволення потреб населення в перевезеннях і покращення умов ведення бізнесу для забезпечення конкурентоспроможності та ефективності національної економіки» [51]. Тим не менше, незважаючи на впроваджувані реформи державою, галузь логістики погіршувала показники розвитку. Третій етап – етап поступового спаду (2020–2024 рр.). На цьому етапі рівень РЛС продовжував спадати з 0,218 у 2019 році до 0,181 у 2024 році із середньорічним темпом зростання -3,614 %. Після 2022 року індустрія логістики України у зв'язку з російською воєнною агресією, була змушена змінювати масштаби ринку та переорієнтовуватись на інші види транспорту. Таким чином, тимчасово РЛС України була змушена частково відмовитись від мультимодальної логістики, втім попри виклики повномасштабного вторгнення логістична галузь демонструє стійкість. На даний час основними завданнями РЛС залишаються підвищення якості та ефективності, наголошуючи на технологіях, якості та ефективності послуг і приділяючи увагу захисту навколишнього середовища.

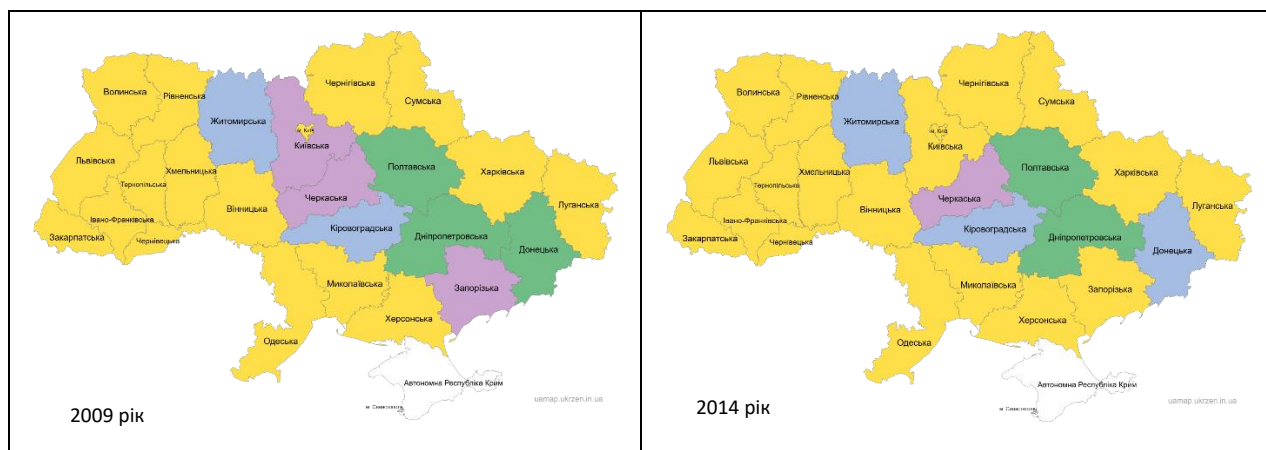
З точки зору тенденції, з 2002 по 2024 рік середньорічні темпи зростання РЛС у центральному, західному, південному, північному та східному регіонах становили 1,001 %, 1,002 %, -1,359 %, 1,001 % та - 5,125 % відповідно що вказує на те, що лише центральний, західний та північний регіони досягли ефективного зростання. На цьому етапі галузь логістики в західних регіонах розширилася, але показала низькі результати щодо продуктивності та захисту навколишнього середовища. Через повномасштабне вторгнення рівень РЛС у двох основних промислових регіонах – східному та південному - з 2002 по 2024 рік знизився різною мірою у 3,47 та 1,92 рази відповідно. Це ті втрати, які понесла логістична галузь внаслідок російської військової агресії в тому числі.

Рівні РЛС у трьох інших регіонах швидко зросли (центральный – 0,570 у 2019 році, північний – 0,168 у 2020 році, західний - 0,104 у 2019 році). Крім того, з точки зору рівня РЛС, він завжди був вищим, ніж середній по країні, із середнім

значенням 0,483 і середньорічним темпом зростання 1,001 % у центральному регіоні між 2002 та 2024 роками. На відміну від центрального регіону, рівень РЛС у північному та західному регіонах був незмінно нижче середнього по країні, із середніми значеннями 0,119 і 0,063, хоча середньорічні темпи зростання становили 1,001 % і 1,002 % відповідно. Одним із можливих пояснень є те, що центральний регіон перевершує північний і західний регіони щодо економічної бази, трудових ресурсів, інфраструктури, рівня споживання населення та інвестицій у науково-технічні інновації. Це допомагає підтримати РЛС з боку постачання, сприяє скороченню витрат і підвищенню ефективності логістичної галузі в центральному регіоні та гарантуватиме, що логістичний сектор задовольняє потреби населення щодо кращого життя.

Характеристика просторової еволюції

Для аналізу просторової еволюції нами обрано перехресні дані за 2009, 2014, 2019 та 2024 років, щоб візуалізувати рівні РЛС. Зокрема, як в [159], нами використано метод природної точки розриву для класифікації рівнів РЛС у 2009 році на п'ять ступенів: низький рівень (менше 0,143), відносно низький рівень (між 0,143 і 0,174), середній рівень (між 0,174 і 0,210), відносно високий рівень (між 0,210 і 0,337) і високий рівень (вище 0,337). Потім ми застосовуємо цей критерій класифікації до інших трьох років (рис. 2.5) без будь-яких коригувань. Це не тільки гарантує, що рівні РЛС за чотири роки можна порівняти та проаналізувати розумним чином, але також дозволяє уникнути людського та суб'єктивного втручання.



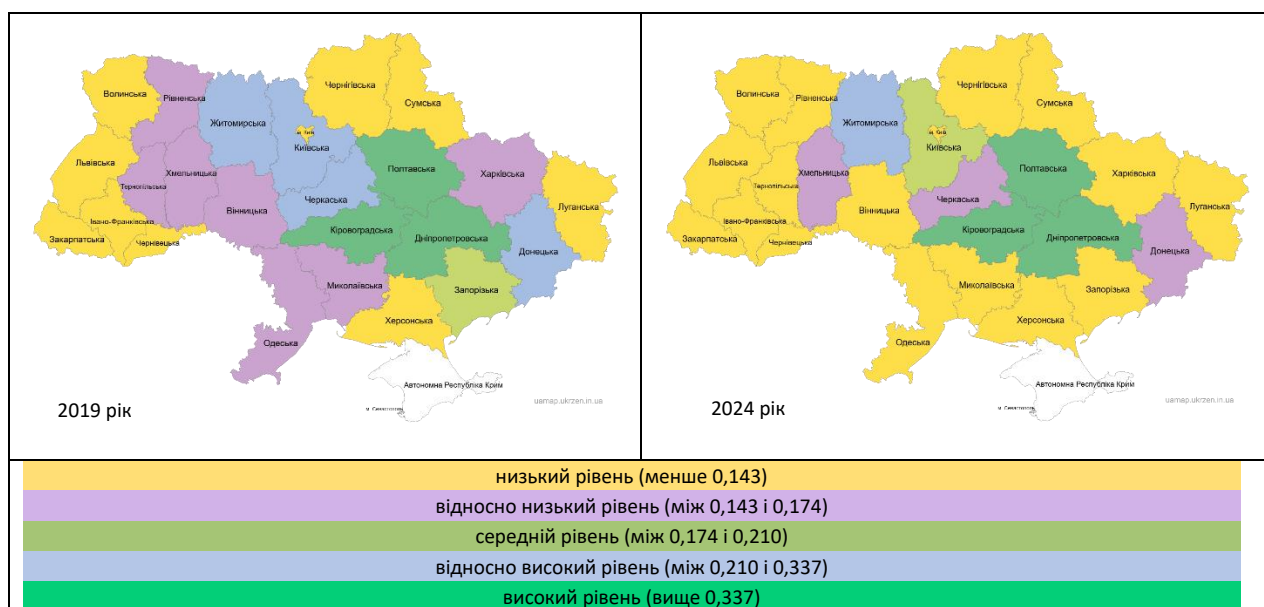


Рис. 2.5. Просторовий розподіл рівня РЛС, розроблено автором

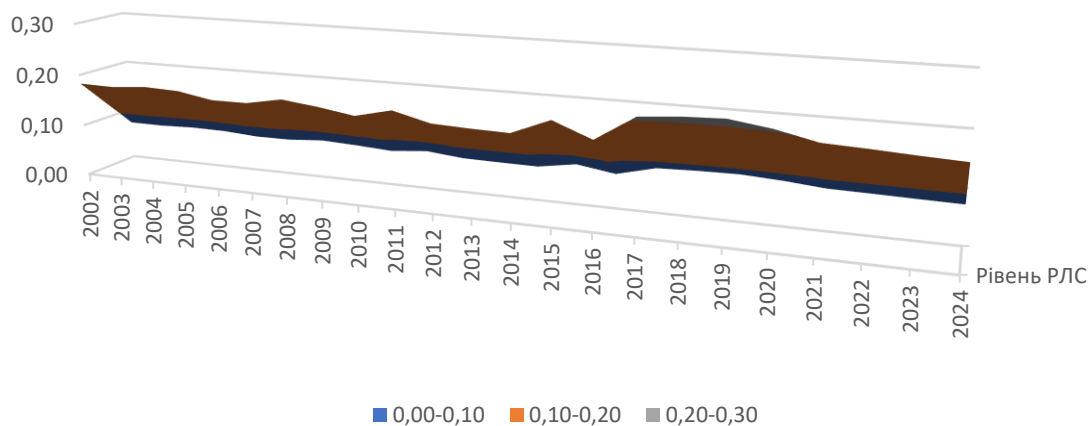
У 2014 році кількість регіонів, в яких логістична галузь розвивалася на низькому рівні, була найбільшою - 19: це були усі західні та південні регіони, північний регіон (окрім Житомирської обл.) та східний регіон (окрім Донецької обл.). Тільки Дніпропетровська та Полтавська області були на високому рівні. У 2019 році Тернопільська, Харківська, Миколаївська, Рівненська, Вінницька, Хмельницька, Одеська області з низького рівня перемістилися в у відносно низький рівень. Кіровоградська область піднялася з відносно високого рівня до високого рівня. У 2024 р. карта областей із низьким рівнем практично співпадає із картою 2009 року (окрім Хмельницької області), причому більшість з них зосереджено в західному і південному регіонах. Водночас області з високим рівнем зберегли свої позиції у порівнянні з 2019 роком. Погіршили свої позиції області південного та східного регіонів: з середнього до відносно низького рівня перемістилась Запорізька область, з відносно високого до відносно низького перемістилась Донецька область, з відносно низького до низького перемістилась Харківська область. Отже, у розглядуваних роках просторовий розподіл областей за рівнем РЛС суттєво змінювався. Зокрема, області з відносно високим рівнем і високим рівнем східного регіону перемістились в зону низького та відносно низького рівня РЛС. Незмінними були позиції: високого рівня для областей

центрального регіону, низького та відносно низького рівня для областей західного регіону та м. Києва. Області, які знаходилися ближче до центрального регіону, до 2019 року демонстрували «тяглість» до вищого за попередній рівня розвитку РЛС. З 2014 по 2019 рік області з низьким рівнем РЛС в Україні поступово зменшувалися, тоді як області з відносно високим рівнем і високим рівнем мали тенденцію до збільшення та переважно зосереджені у західному та північному регіонах.

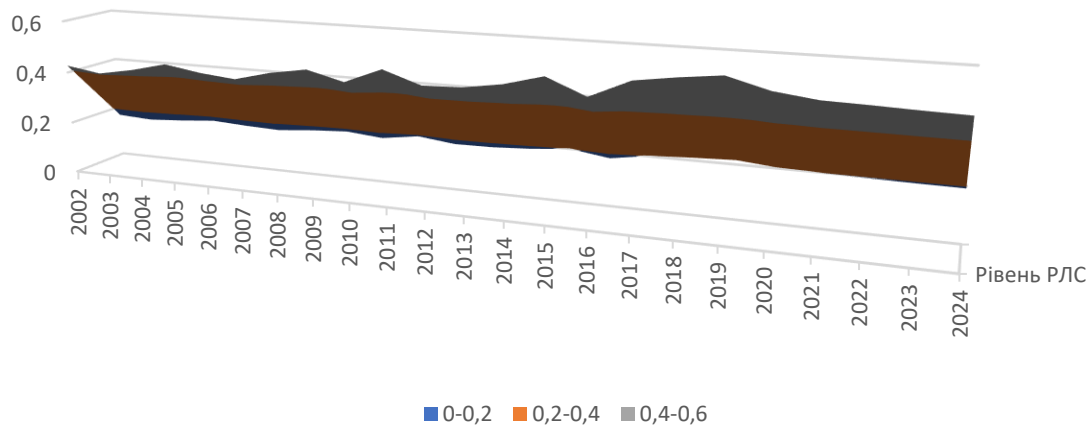
Динамічна еволюція

На рис. 2.6.А показано динамічну еволюцію рівня РЛС в Україні та за регіонами з 2002 по 2024 рр. Що стосується місця розподілу, центру і інтервалу зміни національної кривої розподілу щільності ядра помірно зміщувалися праворуч до 2019 року, показуючи, що національний рівень РЛС зростає. З огляду на перспективу моделі розподілу, висота кривої головного піку продовжує зменшуватися, а ширина має тенденцію до незначного розширення, що вказує на вищу дисперсію РЛС у областях вибірки. Крім того, від розширення розподілу крива має спадаючий досвід вправо, і період слідування поступово подовжується, що означає, що абсолютна різниця між різними областями збільшується. З огляду на явище поляризації, крива розподілу в основному включає головний пік і один або кілька бічних піків, що вказує на те, що РЛС майже в усі роки мали біполярну або мультиполярну диференціацію. Таким чином, хоча на кожній території вона досягла різного ступеня зростання протягом періоду дослідження, різниця в забезпеченості ресурсами та середовищі розвитку ускладнює областям із відносно низьким прогресом у галузі логістики можливість наздогнати провідні області за короткий час дослідження.

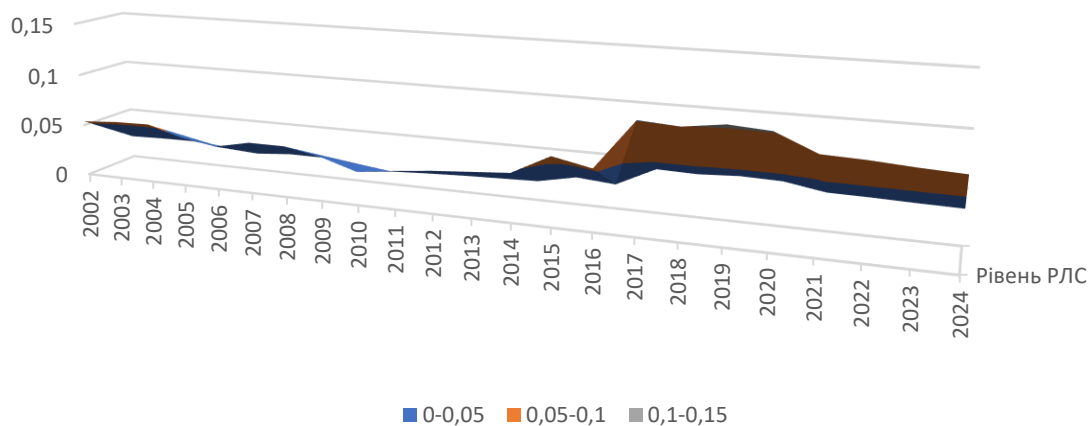
А. Україна



Б. Центральний



В. Західний



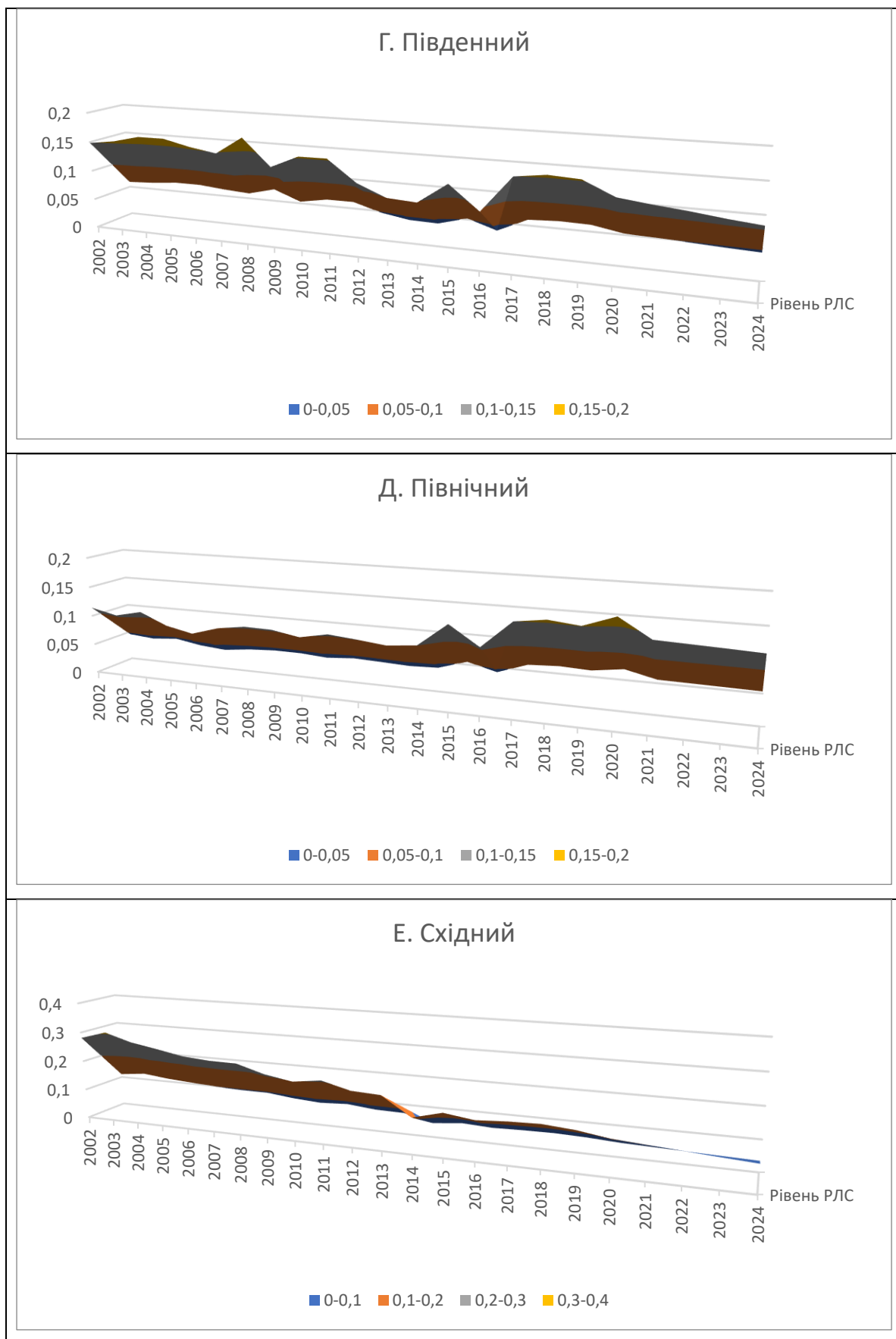


Рис. 2.6. Динамічна еволюція рівня РЛС, розроблено автором

Рис. 2.6.Б-2.6.Е зображують динамічну еволюцію в п'яти основних географічних регіонах України. Від місця розподілу, центру та інтервалу змін крива розподілу трьох регіонів – центрального, західного, північного - має правий тренд, що вказує на те, що логістична галузь кожного регіону досягла значного прогресу. З точки зору перспективної моделі розподілу, висота головного піку на для західного та північного регіонів спочатку збільшується, а потім зменшується, а ширина спочатку звужується, а потім розширюється. Це вказує на те, що його дискретний ступінь і абсолютні диспропорції в межах західного та північного регіонів поступово збільшуються, що пов'язано зі переорієнтацією видів транспорту у зв'язку з повномасштабним вторгненням.

Висота головного піку в північному регіоні зазнала трьох змін (рис. 2.6.Д), що чергуються «зростання - зниження». Загалом, висота головного піку зменшується, а ширина збільшується, вказуючи на те, що ступінь дисперсії в північному регіоні також збільшується в наступний період. Ширина головного піку на заході (рис. 2.6.В) стає ширшою, і існує тенденція до того, що висота спочатку зменшується, а потім підвищується, а потім зменшується, що вказує на те, що дискретний ступінь РЛС розширився. З огляду на явище поляризації, у більшості років крива розподілу трьох регіонів – центрального, західного, північного - має головний пік і один або кілька бічних піків, що означає, що галузь логістики має біполярну або багатополарну диференціацію щодо якісного розвитку. Диференціація полягає в тому, що відстань між основними та бічними вершинами в південному та центральному регіонах (рис. 2.6.Г та рис. 2.6.Б відповідно) є великою, а внутрішньо регіональна різниця є більш помітною, що вказує на явне явище градієнту на півдні та в центрі. Навпаки, висоти головного піку та бічного піку в північному та західному регіонах ближчі, що вказує на відсутність домінуючого явища в центрі регіону.

Загальні та внутрішньорегіональні відмінності.

На рис. 2.7 зображено коефіцієнти Джині для РЛС для всієї країни та п'яти основних регіонів.

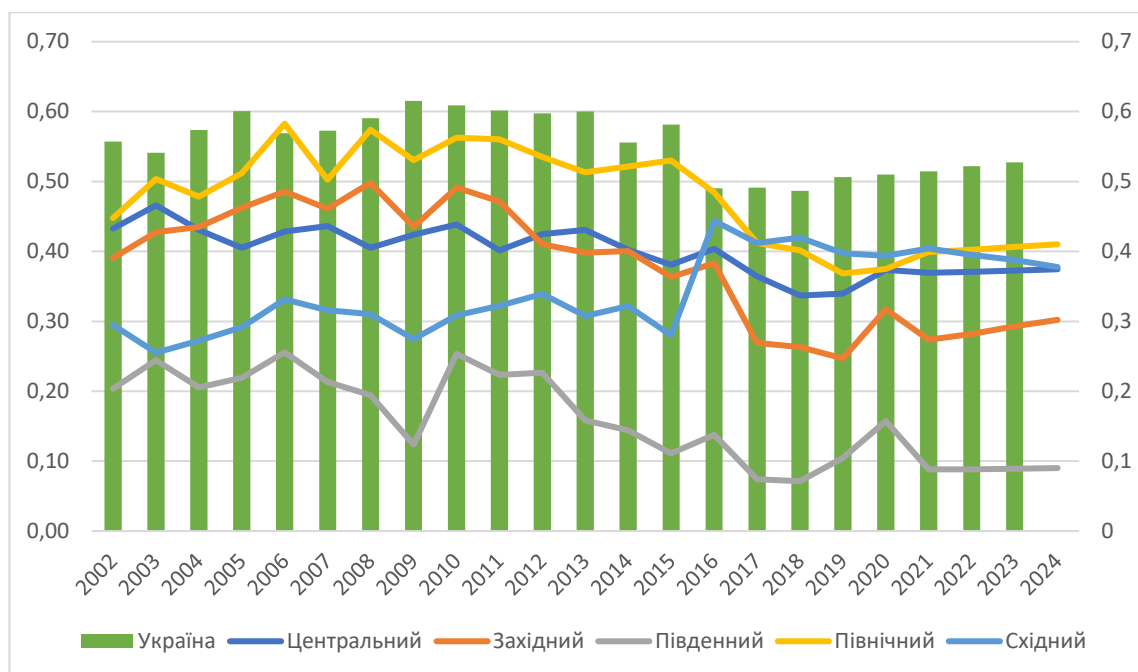


Рис. 2.7. Еволюція коефіцієнтів Джині в Україні та для п'яти основних регіонів, розроблено автором

Чим більший коефіцієнт Джині, тим більші відмінності між регіонами. Загальний коефіцієнт Джині демонструє висхідну тенденцію коливань до 2016 року із лише невеликим зменшенням в окремі роки. У 2017 році відбулося суттєве зниження відмінностей між регіонами на 9,1 % (з 0,581 до 0,490), втім далі відбувалося поступове його зростання до 0,527 у 2024 році, що означає, що загальна різниця рівня РЛС поступово збільшується, тобто синергія РЛС у різних регіонах є поганою, і існує очевидний дисбаланс. Зокрема, у 2019 році коефіцієнт Джині становив 0,486, а у 2010 році – 0,615 із зниженням (що є позитивним моментом) на 12,9 %. Цей висновок свідчить про те, що в розвитку логістичної галузі України існує «ефект Метью», який ще більше призводить до збільшення розриву між регіонами. На рис. 2.7 також візуально показано, що коефіцієнти Джині усіх регіонів, окрім східного мають схожі з загальноукраїнськими даними до зниження після 2016 року з найбільш вираженими внутрішньорегіональними відмінностями у північному регіоні, а потім у центральному регіоні. Східний регіон демонстрував протилежні зміни: відбулося різке зростання Джині з 0,28 у 2015 р. до 0,44 у 2016 році, тобто на 16 %. В західному регіоні спочатку

спостерігалось зростання до пікового 2008 року (0,50), а потім відбувався поступовий спад до 0,30 у 2024 році. Загалом за весь період внутрішньорегіональні відмінності в західному регіоні покращились до 0,25 у 2019 році з 0,50 у 2008 році. Найнижче значення коефіцієнта Джині характерне для південного регіону. Внутрішньорегіональна варіація залишається стабільно найменшою в південному регіоні із середнім коефіцієнтом Джині 0,16 причому з поступовим зниженням протягом періоду дослідження. Це може бути пов'язано з тим, що реалізація комплексу програм, спрямованих на розвиток РЛС, скоротила розрив у розвитку логістичної галузі між областями південного регіону.

Міжрегіональні відмінності.

На рис. 2.8 показано трансформацію міжрегіональних відмінностей у РЛС.

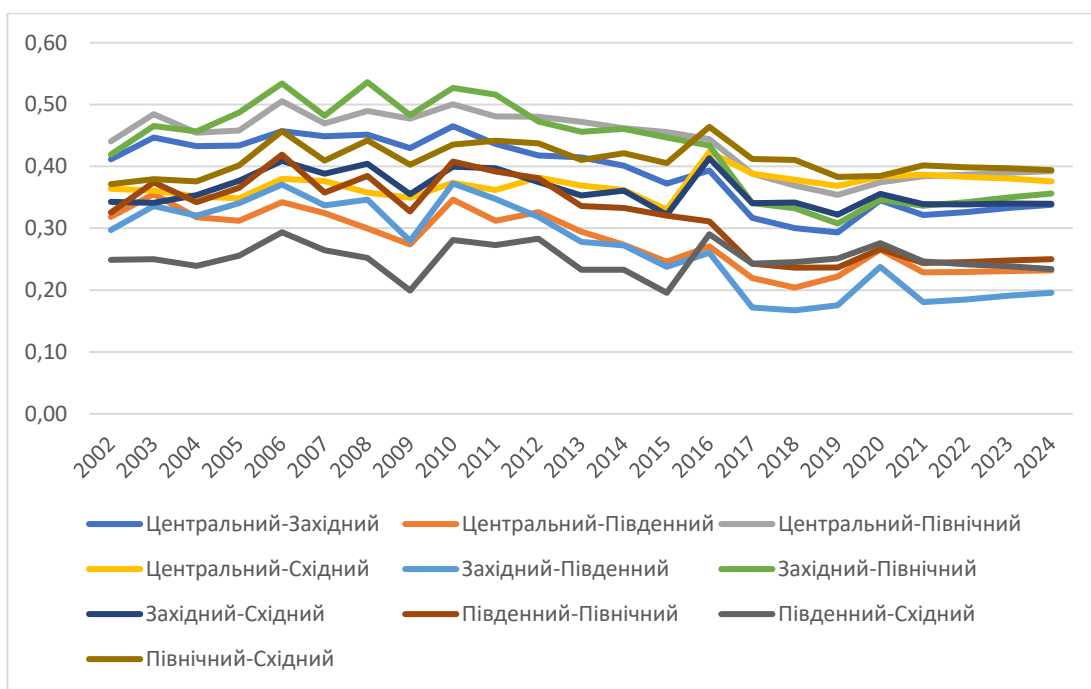


Рис. 2.8. Еволюція коефіцієнтів Джині між регіонами, розроблено автором

Що стосується еволюції відмінностей, коефіцієнти Джині між регіонами демонструють тенденцію до поступового зниження, що вказує на поступове зменшення міжрегіональних відмінностей. Зокрема, диференціація між західними та північними регіонами швидко зростала до 2008 року (0,54), а потім поступово знижувалась до 0,36 у 204 році. Загалом різниця між двома регіонами

знижилась з 0,54 у 2008 році до 0,31 у 2019 році, тобто на 23 %. Зниження міжрегіонального коефіцієнта Джині між заходом і півднем склало 20,5 %.

Зміна міжрегіональних коефіцієнтів Джині між центральними та північними регіонами була найвищою і становила в середньому за період 0,439. З точки зору розміру різниці, найменша міжрегіональна різниця була між сходом і півднем – 0,251. Положення кривих завжди знаходиться вище західно-південного (після 2016 року) та південно-східного (до 2016 року) напрямів протягом періоду перевірки, що означає, що просування якісного та збалансованого розвитку національної логістичної галузі має компенсувати недоліки в розширенні логістичної галузі на заході. Крім того, коефіцієнт Джині між південними та східними регіонами був найменшим із середнім значенням 0,251, що означає, що синергетичний розвиток логістичної галузі в двох регіонах мав певні переваги.

Джерела відмінностей. Таблиця 2.3 показує джерела відмінностей у РЛС та їх частки внесків.

Таблиця 2.3

Джерела відмінностей та їх внесок у РЛС, розроблено автором

Період	Внутрішньорегіональна	Частка, %	Міжрегіональна	Частка, %	Гіперваріабельна щільність	Частка, %
2002	0,142	26,12	0,283	52,24	0,117	21,64
2003	0,152	27,23	0,303	54,47	0,102	18,30
2004	0,146	26,95	0,292	53,89	0,104	19,16
2005	0,151	26,36	0,302	52,73	0,120	20,91
2006	0,167	27,76	0,333	55,52	0,100	16,72
2007	0,154	27,11	0,309	54,22	0,106	18,67
2008	0,159	27,70	0,317	55,39	0,097	16,91
2009	0,143	24,22	0,286	48,43	0,162	27,35
2010	0,164	26,71	0,329	53,43	0,122	19,86
2011	0,158	26,00	0,317	51,99	0,134	22,01
2012	0,155	25,74	0,310	51,49	0,137	22,77
2013	0,145	24,22	0,289	48,44	0,163	27,34
2014	0,143	23,86	0,286	47,71	0,171	28,43
2015	0,133	23,99	0,267	47,97	0,156	28,04
2016	0,148	25,48	0,296	50,95	0,137	23,57
2017	0,123	24,98	0,245	49,96	0,123	25,06
2018	0,119	24,30	0,239	48,61	0,133	27,09
2019	0,117	23,96	0,233	47,92	0,137	28,11

Період	Внутрішньорегіональна	Частка, %	Міжрегіональна	Частка, %	Гіперваріабельна щільність	Частка, %
2020	0,129	25,55	0,259	51,11	0,118	23,34
2021	0,123	24,07	0,245	48,13	0,142	27,80
2022	0,123	23,91	0,246	47,83	0,145	28,26
2023	0,124	23,75	0,248	47,51	0,150	28,74
2024	0,124	23,56	0,249	47,13	0,155	29,31
Середнє	0,141	25,37	0,282	50,74	0,132	23,89

Що стосується еволюції джерел відмінностей, то частки внутрішньорегіональних, міжрегіональних відмінностей і гіперваріабельної щільності значно коливаються протягом періоду дослідження. Після поперемінної зміни «зростання – зниження» коефіцієнти внутрішньорегіональних і міжрегіональних відмінностей вказували на слабку тенденцію до зниження з 0,142 і 0,283 у 2002 році до 0,124 і 0,249 у 2024 році, відповідно. Навпаки, коефіцієнт гіперваріабельної щільності зріс з 0,117 у 2002 році до 0,155 у 2024 році, демонструючи мінливу тенденцію до зростання.

Крім того, щодо величини рівня внеску різниць, міжрегіональна різниця має найбільший внесок у загальні відмінності із середнім рівнем внеску 50,74 %. Норма внеску внутрішньорегіональної різниці та гіперваріабельної щільності в середньому однакові – 25,37 % та 23,89 % відповідно. Таким чином, щоб усунути дисбаланс РЛС в Україні, необхідно знизити розрив у розвитку логістичної галузі між регіонами.

2.3. Дослідження просторово-часової неоднорідності факторів впливу на розвиток регіональних логістичних систем за допомогою моделі GTWR

Далі дослідимо розподіл просторової та часової неоднорідності у впливі вибраних факторів на РЛС за допомогою моделі GTWR (географічна та часова зважена регресія) [4-5]. Метод GTWR вбудовує часові елементи та просторові розташування об'єктів спостереження в модель, а потім отримує відповідні локальні оцінки об'єктів спостереження в кожній часовій точці та кожному

просторовому місці, що є моделлю локальних змінних коефіцієнтів, яка може виявляти просторово-часову нестаціонарність [105]. Модель GTWR може одночасно враховувати часову і просторову нестаціонарність коефіцієнтів регресії, що реалізує одночасне пояснення механізму часових і просторових варіацій географічних явищ і широко застосовується в екології, економіці та соціології [111-99].

Загальна форма рівняння така:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i, t_i) + \sum_{k=1}^n (u_i, v_i, t_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2.17)$$

$$d_{ij} = \sqrt{\lambda \left[(u_i - u_j)^2 + (v_i - v_j)^2 \right] + \mu (t_i - t_j)^2} \quad (2.19)$$

де x_{ik} - значення спостереження k -ої змінної в конкретній точці вибірки i ;

(u_i, v_i, t_i) показує відповідно довготу, широту та час спостереження i -ї точки вибірки;

$\beta_0(u_i, v_i, t_i)$ означає охоплення в різні періоди i -ї точки вибірки;

ε_i означає помилку;

d_{ij} означає просторово-часову відстань між точкою вибірки i та j ;

λ і μ — параметри масштабу, які використовуються для збалансування просторово-часової відстані.

Коли $\mu = 0$, це означає відсутність часового ефекту, і модель GTWR звужується до моделі географічно зваженої регресії (GWR). Подібним чином, коли $\lambda = 0$, немає просторового ефекту, і модель GTWR звужується до моделі часової зваженої регресії (TWR). Крім того, h представляє пропускну здатність і визначається методом AIC критерію. Інформаційний критерій Акаїке або AIC критерій — це статистичний критерій, який використовується для порівняння різних статистичних моделей і вибору найкращої з них для заданого набору даних. Він базується на теорії інформації та оцінює втрату інформації, яка виникає при використанні певної моделі для представлення даних. Чим менше значення AIC, тим краща модель [73].

Кореляційний аналіз. Перед побудовою регресії спочатку визначено, чи існує кореляційний зв'язок між п'ятьма факторами впливу та 17 основними

показниками РЛС шляхом розрахунку коефіцієнтів кореляції Пірсона. На рис. 2.9 показано, що 51,4 % коефіцієнтів кореляції Пірсона між 17 основними показниками і 5 факторами впливу проходять перевірку значущості на рівні 5 % і більше 77,6 % проходять перевірку значущості на рівні 10 %. рівень. Крім того, 61,2 % коефіцієнтів кореляції Пірсона між РЛС і 5 факторами впливу є позитивними на рівні 5 %. Це свідчить про те, що вибрані фактори мають потенційний вплив на РЛС і можуть бути проаналізовані далі в глибину.

	<i>INN</i>	<i>DIG</i>	<i>CI</i>	<i>TI</i>	<i>ER</i>	
	5%	5%	5%	10%	5%	
<i>x1</i>	0,398	0,627	0,519	-0,012	0,609	-1
<i>x2</i>	0,614	0,770	0,965	0,000	0,964	-0,9
<i>x3</i>	0,780	0,709	0,855	-0,022	0,943	-0,8
<i>x4</i>	-0,268	-0,672	-0,666	-0,003	-0,661	-0,7
<i>x5</i>	0,706	0,747	0,900	-0,004	0,956	-0,6
<i>x6</i>	-0,437	-0,775	-0,875	0,000	-0,809	-0,5
<i>x7</i>	0,822	0,536	0,691	-0,024	0,801	-0,4
<i>x8</i>	0,449	0,787	0,870	-0,045	0,875	-0,3
<i>x9</i>	0,277	0,440	0,477	-0,013	0,494	-0,2
<i>x10</i>	0,425	0,552	0,750	0,000	0,780	-0,1
<i>x11</i>	0,631	0,520	0,514	0,004	0,672	0
<i>x12</i>	0,202	0,281	0,272	0,012	0,195	0,1
<i>x13</i>	0,767	0,720	0,888	0,001	0,953	0,2
<i>x14</i>	-0,188	-0,360	-0,227	0,004	-0,476	0,3
<i>x15</i>	-0,440	-0,725	-0,782	-0,018	-0,786	0,4
<i>x16</i>	-0,565	-0,756	-0,893	-0,003	-0,920	0,5
<i>x17</i>	-0,632	-0,507	-0,726	0,002	-0,827	0,6
						0,7
						0,8
						0,9
						1

Рис. 2.9. Коефіцієнти кореляції Пірсона між змінними, розроблено автором

Вибір моделі. Дослідимо просторову та часову неоднорідність факторів, що впливають на РЛС із застосуванням моделі GTWR. Щоб усунути гетероскедастичність і зменшити флуктуацію даних, виконано логарифмічну обробку змінних, крім рівня цифровізації (його показник вимірюється у відносних одиницях). Одночасно побудовано модель OLS, модель TWR і модель GWR, а потім здійснено порівняння відповідних параметрів результатів регресії чотирьох моделей (табл. 2.4). Модель OLS має R^2 0,3982, що є найнижчим показником відповідності серед чотирьох моделей, що вказує на те, що

регресійна модель включає лише меншу частку дисперсії пояснювальних змінних. Моделі TWR і GWR мають значення R^2 0,4928 і 0,5294 відповідно, що краще, ніж модель OLS. На відміну від попередніх, модель GTWR має R^2 0,7830, що значно краще, ніж у трьох інших моделей.

Крім того, Standard Error та SS_e позначають залишкову суму квадратів і оцінене стандартне відхилення залишків відповідно. Модель з їх меншими значеннями краще відповідає спостережуваним даним. Як видно з табл. 2.4, модель GTWR має найменші значення Standard Error та SS_e серед чотирьох моделей на рівні 0,0113 і 0,0026 відповідно, і тому має найвищу точність. Крім того, AIC_c критерій є дуже важливим показником для перевірки якості моделі. Чим менше значення AIC_c моделі, тим сильнішою є її пояснювальна сила [73]. З табл. 2.4 видно, що значення AIC_c моделі GTWR набагато менше, ніж у моделей OLS і TWR, а різниця з моделлю GWR перевищує 18, що є достатнім для вказівки на оптимальну продуктивність моделі GTWR [159]. Крім того, хоча обидві моделі TWR і GWR мають деякі переваги перед моделлю OLS, перевага моделі GWR набагато більша, що вказує на те, що просторова неоднорідність є більш важливою, ніж часова неоднорідність. Підсумовуючи, модель GTWR з огляду на часову та просторову нестационарність є кращою за інші традиційні моделі.

Таблиця 2.4

Діагностична інформація чотирьох моделей, розроблено автором

Індикатор	OLS	TWR	GWR	GTWR
R^2	0,3982	0,4928	0,5294	0,7830
Standard Error	0,2050	0,1916	0,0127	0,0113
SS_e	0,7984	0,6243	0,0029	0,0026
AIC_c	-15,2699	-9,3970	-173,4304	-192,3078

Часові коливання коефіцієнтів регресії. Щоб зрозуміти часові еволюційні характеристики наслідків різних факторів для РЛС, використовуючи результат регресії моделі GTWR, тренд середнього значення коефіцієнтів регресії різних факторів з 2002 по 2024 рік зображено за допомогою лінійного графіка, як показано на рис. 2.10.

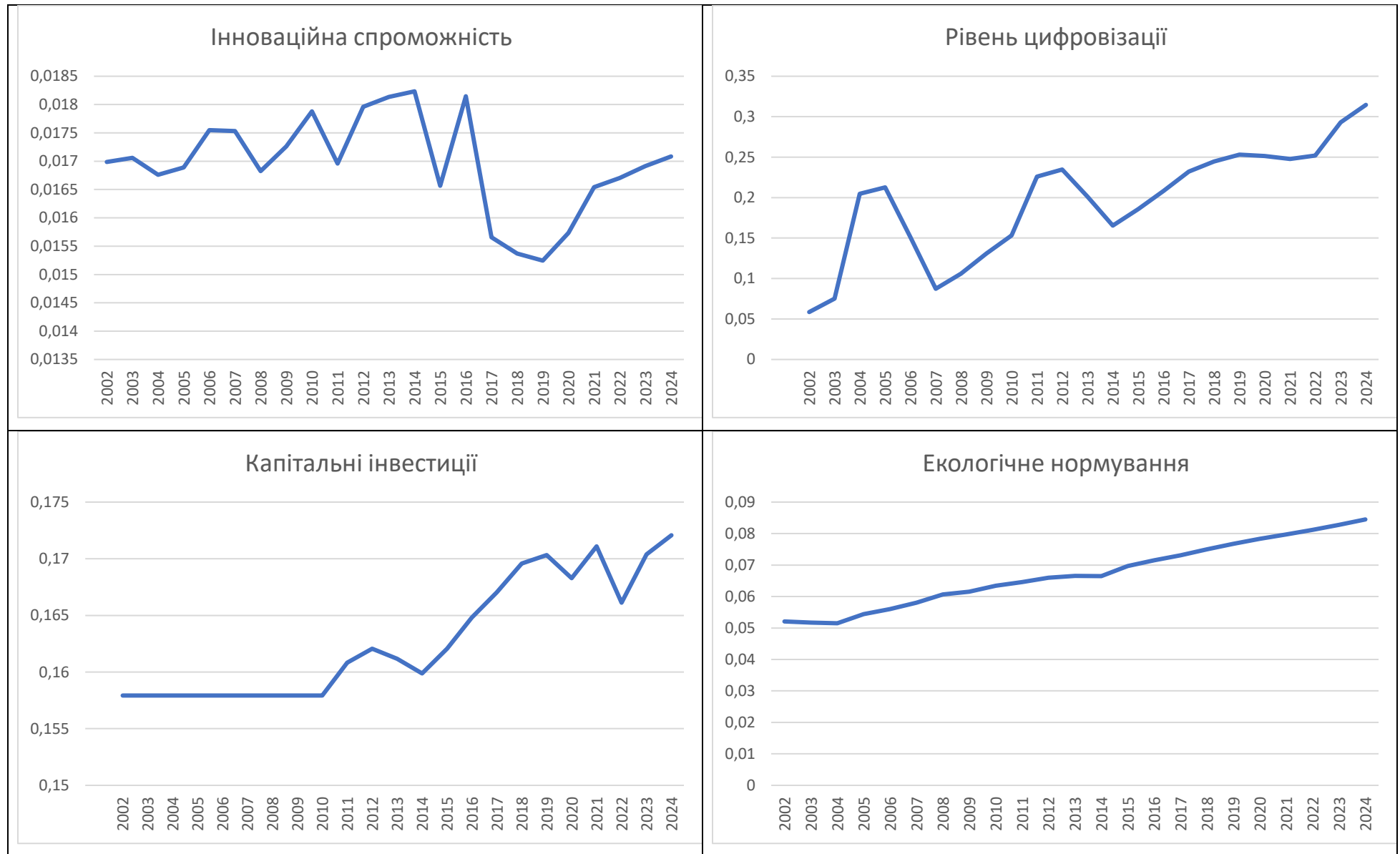


Рис. 2.10. Часові коливання коефіцієнтів регресії різних факторів впливу з 2002 по 2024 роки, розроблено автором

Інноваційна спроможність. Вплив інновацій на РЛС є позитивним, за винятком періоду з 2017 по 2020 роки, і його позитивний ефект поступово посилюється, що вказує на те, що вдосконалення інноваційних можливостей сприяє просуванню РЛС. У логістичній галузі застосовуються нові технології, продукти, усуваються відсталі та неефективні технології та обладнання, що сприяє підвищенню рівня механізації та ефективності обслуговування, зменшенню витрат на обслуговування, а також спонукає логістичну галузь розвиватися в більш просунутому напрямку. Наприклад, ступінь автоматизації щодо сортування значно підвищує ефективність логістичної ланки сортування та зменшує помилки сортування. Крім того, технологія автоматичного водіння може зменшити логістичні транспортні витрати та час транспортування.

Рівень цифровізації. Усі оцінки параметрів рівня цифровізації є позитивними, що вказує на те, що цифрові технології відіграють важливу роль у покращенні РЛС. Цифровізація є ефективним підходом до підвищення ефективності логістичної галузі. Проникнення цифрових технологій у всі операційні аспекти логістичної галузі сприяло безперервному з'єднанню та ефективному проникненню в логістичну діяльність через швидкий доступ до інформаційних ресурсів, надаючи нові можливості для логістичних підприємств для оптимізації логістичних процесів, зниження витрат на логістику, підвищення операційної ефективності та якості послуг. Деякі логістичні підприємства, як показав ретроспективний аналіз, використовують цифрові технології, такі як IoT, AI і 5G, щоб підвищити ефективність роботи та розмір ринку інтелектуальної логістики. Таким чином, із безперервним розвитком цифрових технологій нового покоління та прискореною інтеграцією з логістичною галуззю роль цифровізації в її просуванні зростає.

Капітальні інвестиції. Середні коефіцієнти регресії капітальних інвестицій за кожен рік становлять від 0,1579 до 0,1721. Серед них коефіцієнти регресії капітальних інвестицій з 2002 по 2010 рр. демонстрували стійкий низький рівень. На етапі зародження логістики в країні технологічний розрив між місцевими логістичними підприємствами та іноземними підприємствами був

великим, і вони не могли поглинути ефект переливу технологій, спричинений інвестиціями, тому капітальні інвестиції в основному характеризували ефект витіснення. Навпаки, вплив капітальних інвестицій на РЛС змінився з 2011 року. Зокрема, місцеві логістичні підприємства скорочують відставання від іноземних підприємств, покращуючи свій технологічний рівень. Таким чином, ефект витіснення поступово перетворився на позитивний додатковий ефект. У довгостроковій перспективі інвестиції вигідні для РЛС. З точки зору макроперспективи, інвестиції також мають позитивний вплив на якісний розвиток національної економіки.

Транспортна інфраструктура. Коефіцієнти регресії транспортної інфраструктури показали тенденцію спочатку до зменшення, а потім до зростання з кожним роком, з мінімумом 0,052 у 2002 році та піком хвилі 0,152 у 2022 році. З 2020 року в Україні реалізувалась урядова програма, ініційована Президентом України Володимиром Зеленським «Велике будівництво», яка була спрямована на розвиток в тому числі транспортної інфраструктури. Велика частина інвестицій була спрямована на будівництво інфраструктури, такої як автомагістралі та автодороги, а транспортна мережа ставала більш досконалою. Ідеальна транспортна інфраструктура може зміцнити зв'язок і співпрацю між регіонами, розірвати регіональну блокаду, сприяти швидкому та вільному потоку капіталу, робочої сили, а також інших логістичних ресурсів, підвищити ефективність розподілу факторів, і поступово підвищити просування РЛС під час цього процесу. Подібним чином транспортна інфраструктура позитивно впливає на рівень зеленого розвитку логістичної галузі.

Екологічне регулювання. Екологічні норми поступово посилювали свій вплив на РЛС у 2002–2024 роках. У короткостроковій перспективі посилене урядове екологічне регулювання, безсумнівно, підвищує вартість контролю забруднення для підприємств, що призводить до зниження прибутковості та продуктивності. Тим часом збільшення фінансування заходів із контролю забруднення підприємствами має витісняючий ефект на фінансування науково-дослідних розробок. Ефект витіснення від економічного ефекту не є корисним

для РЛС. У довгостроковій перспективі, за ефекту компенсації інновацій, екологічне регулювання змусить підприємства пом'якшувати обмеження щодо витрат за допомогою екологічних інновацій. Тому екологічне регулювання може сприяти цьому через «ефект компенсації інновацій».

Просторовий розподіл коефіцієнтів регресії. Для візуалізації регіонального розподілу коефіцієнтів регресії кожного фактора впливу вибрано середні значення за 2002-2024 роки, та розподілено їх на п'ять ступенів за допомогою формули природної точки розриву (рис. 2.11).



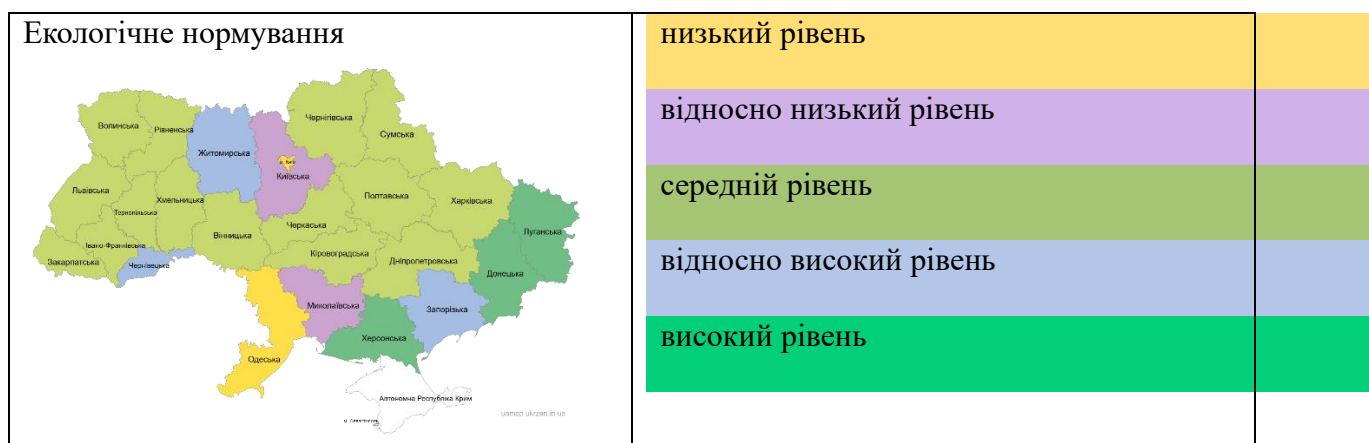


Рис. 2.11. Просторовий розподіл коефіцієнтів регресії різних факторів впливу з 2002 по 2024 роки, розроблено автором

Інноваційна спроможність. За період дослідження регіони з високим значенням коефіцієнта регресії інноваційного потенціалу були зосереджені серед східних та центральних регіонів, таких як Харківська, Дніпропетровська області та м. Київ, тоді як коефіцієнти регресії інноваційного потенціалу були найнижчими в Луганській та Херсонській областях. Крім того, з точки зору середнього значення, середнє значення коефіцієнта регресії інноваційної спроможності кожного регіону протягом досліджуваного періоду загалом представляло градієнт-спадний розподіл зі сходу на захід. Це вказує на те, що інноваційний потенціал відіграє життєво важливу роль у просуванні РЛС у східному регіоні та невелику роль у його покращенні в західному регіоні. Ймовірно, це тому, що сприяння незалежним інноваціям вимагає інноваційних ресурсів, таких як таланти, капітал, сучасне обладнання та обладнання. Східний та центральний регіон, м. Київ – це зосередження університетів і науково-дослідних установ, де збираються таланти, а економічне процвітання дає фінансову допомогу для науково-технічної реконструкції. Таким чином, їх переваги в інноваційній спроможності більш очевидні, ніж в інших регіонах, і їх роль у сприянні РЛС також є більш важливою.

Рівень цифровізації. У 2002-2024 рр. коефіцієнти регресії рівня цифровізації були високими лише для Одеської області, близькими до високого рівня у Київській області та середніми у Житомирській та Донецькій областях.

Всі інші області демонстрували низький або близький до низького рівень цифровізації. В цілому рівень цифровізації кожного регіону позитивно вплинув на РЛС, і його вплив посилювався від північного до південного регіону. Просторовий розподіл коефіцієнтів регресії рівня цифровізації зображує коливання високого на сході та низького на заході з урахуванням середніх значень. Західний регіон має слабку економічну базу, відносну відсутність талантів, необхідних для підтримки розширення цифрової економіки, відсталу інфраструктуру, обладнання, а також ключові технології та низький рівень цифровізації, тому відіграє мінімальну роль у високому розвитку логістичної галузі. Загалом цифрова трансформація логістичної галузі України все ще знаходиться на зародковій стадії. Під час швидкого зростання логістичної галузі в центральному регіоні інтеграція цифрових технологій і логістичної галузі все ще є поверхневою. Вони не досягли хорошої синергії, тому дивіденди цифрової економіки важко отримати повністю і вони мають довгостроковий ефект.

Капітальні інвестиції. У 2002-2024 рр. високий рівень коефіцієнта регресії капітальних інвестицій на РЛС мав місце тільки в м. Київ, відносно високий рівень – в Київській та Дніпропетровській областях, тоді як капітальні інвестиції в усіх інших областях тяжіли до низького рівня. Це може свідчити про концентрацію інвестиційного забезпечення РЛС в центрі їх розподілу і тим самим провокувати нерівномірність розвитку РЛС. Загалом, завдяки політичній орієнтації та перевагам у географічному розташуванні та економічній силі, центрально-східний регіон залучив велику кількість інвестицій. Капітал, технології, обладнання та таланти, принесені припливом інвестиційного капіталу, дали йому новий імпульс. Навпаки, обмежений географічним розташуванням та історичною політикою, західний регіон не є таким привабливим для капітальних інвестицій, тому масштаби інвестування є відносно невеликими. Проте, порівнюючи результати регресії у 2002 та 2024 роках, можна зробити висновок, що було виявлено зростаючий вплив капітальних інвестицій на РЛС у Львівській області західного регіону.

Транспортна інфраструктура. У 2002-20224 роках коефіцієнти регресії транспортної інфраструктури загалом показали низький розподіл у всіх регіонах, окрім м. Києва. Транспортна інфраструктура є важливим джерелом порівняльних переваг для логістичної галузі. У 2022 році регіони, де транспортна інфраструктура відігравала важливу роль у підвищенні РЛС, все ще були зосереджені у східних і центральних областях. Однак коефіцієнти регресії областей у західному регіоні зросли порівняно з 2002 роком з початком повномасштабного вторгнення, і його середній коефіцієнт регресії був приблизно в шість разів вищим, ніж у 2002 році. Це тому, що будівництво транспортної інфраструктури України поступово переміщувалося на захід. Крім того, коефіцієнти регресії у Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській областях все ще були негативними, особливо коефіцієнт регресії у Закарпатській області мав найменше значення $-0,041$. РЛС у Івано-Франківській області займає перше місце в західному регіоні, але щільність його транспортної мережі була набагато нижчою, ніж у Львівській, Тернопільській, Чернівецькій областях, що серйозно заважало РЛС. Характеристики просторового розподілу середніх значень були такими ж, як у 2002 та 2024 роках, і цей результат також вказував на те, що західному регіону все ще потрібно продовжувати розвивати транспортну інфраструктуру.

Екологічне регулювання. Існує значна регіональна неоднорідність у впливі екологічного регулювання на логістичну галузь. Щоб краще інтерпретувати результати регресії, розраховано коефіцієнти кореляції Пірсона між екологічним регулюванням і впливом логістичної галузі на навколишнє середовище (тобто споживанням енергії та викидами вуглецю) у окремих регіонах (табл. 2.5). У досліджуваному періоді вплив екологічних норм на РЛС показав поступовий гальмуючий вплив від східних до південних регіонів, причому негативний вплив на південний регіон був більш очевидним. У цей період південний регіон (Одеська та Миколаївська області) перебував у золотому періоді швидкого економічного зростання, і ідея «довкілля поступалася місцем економіці» була реалізована урядом і визнана громадськістю. Як видно з табл. 2.5, статистична

кореляція між екологічним регулюванням та споживанням енергії, а також викидами вуглецю в логістичній галузі в південному регіоні є значною і негативною.

Таблиця 2.5

Коефіцієнти кореляції Пірсона між екологічним регулюванням і впливом логістичної галузі на навколишнє середовище за окремими регіонами, розроблено автором

Миколаївська область	Викиди діоксиду вуглецю	Споживання електроенергії	Екологічне регулювання	Одеська область	Викиди діоксиду вуглецю	Споживання електроенергії	Екологічне регулювання
Викиди діоксиду вуглецю	1			Викиди діоксиду вуглецю	1		
Споживання електроенергії	0,582278	1		Споживання електроенергії	0,874263	1	
Екологічне регулювання	-0,84023	-0,87047	1	Екологічне регулювання	-0,8816	-0,96202	1

Одним із можливих пояснень є те, що, оскільки підприємства в економічно розвинутих регіонах можуть витримувати більш високі штрафи завдяки своїй ефективній діяльності та зовнішньому середовищу, коли попит на викиди зростає, втрата ефективності, спричинена нижчим виробництвом і викидами, є більшою, ніж вартість штрафів. У результаті підприємства вирішують прийняти екологічні штрафи та продовжувати свою виробничу діяльність, що зрештою зменшує вплив екологічного регулювання. Подібним чином екологічне регулювання в м. Київ та Київській області також значно негативно корелює зі споживанням енергії та викидами вуглекислого газу в логістичній галузі. У поєднанні з рис. 2.11 стає зрозумілим, що екологічне регулювання не вплинуло позитивно на РЛС протягом цього періоду. У 2019 році тенденція змінилася. Екологічні норми зіграли позитивну роль, і лише деякі південні області продемонстрували негативний гальмівний вплив на це.

Загалом, якісний розвиток РЛС означає перш за все екологічність. Таким чином, дотримання урядом розумних екологічних норм може сприяти

просуванню зелених інновацій логістичних підприємств, зменшенню викидів забруднюючих речовин і сприяти екологічному та низьковуглецевому зростанню логістичної галузі. Як показано в табл. 2.6, у 2024 році екологічне регулювання більше не корелює зі споживанням енергії та викидами вуглецю в логістичній галузі.

Таблиця 2.6

Коефіцієнти кореляції Пірсона між екологічним регулюванням і впливом логістичної галузі на навколишнє середовище у 2024 році, розроблено автором

2024 рік	Споживання електроенергії	Викиди діоксиду вуглецю	Екологічне регулювання
Споживання електроенергії	1		
Викиди діоксиду вуглецю	0,197591	1	
Екологічне регулювання	-0,16803	-0,20567	1

Крім того, за середнім значенням, негативний вплив був зосереджений у м. Київ. Це може свідчити про те, що хоча екологічне законодавство в країні стримало забруднення навколишнього середовища, екологічне регулювання в окремих регіонах не мало позитивного впливу на якісний розвиток логістичної галузі, який воно мало б мати. Навіть попри те, що рівень інновацій та капітальних інвестицій в м. Київ був найвищим, ймовірність успіху підприємств у зелених інноваціях все одно була низькою. Таким чином, жорстке екологічне регулювання, як правило, призводить до вищого «ефекту витрат», ніж «ефекту компенсації інновацій», що перешкоджає РЛС. Для більшості областей у східному регіоні екологічне регулювання мало позитивний вплив на РЛС, але табл. 2.5 вказує на те, що екологічне регулювання суттєво та негативно корелює з викидами вуглецю в логістичній галузі. Крім наведеного вище пояснення, ще одним можливим поясненням є те, що існуючі екологічні норми в основному спрямовані на екологічне врядування, і існує дуже мало обов’язкових екологічних норм, які безпосередньо стосуються логістичної галузі, таким чином послаблюючи її роль у зменшенні забруднення навколишнього середовища. Крім

того, середні коефіцієнти регресії для екологічного регулювання в кожній області західного регіону є позитивними, що вказує на те, що екологічне регулювання в цьому регіоні досягло хороших результатів як у зменшенні забруднення навколишнього середовища, так і у сприянні РЛС.

Побудовано систему індексів оцінки, яка складається з 4 вимірів та 17 показників. Для вимірювання рівня РЛС у 24 областях України та м. Київ за період з 2002 по 2024 роки застосовано вдосконалений метод ентропійної ваги. Для вивчення просторово-часової неоднорідності п'яти факторів, що впливають на РЛС, використано модель GTWR. Висновки наступні:

1. З точки зору часової еволюції, загальна тенденція РЛС з 2002 по 2024 роки була очевидною із середньорічним темпом зростання $-0,04\%$. З точки зору тенденції, з 2002 по 2024 рік середньорічні темпи зростання РЛС у центральному, західному, південному, північному та східному регіонах становили $1,001\%$, $1,002\%$, $-1,359\%$, $1,001\%$ та $-5,125\%$ відповідно що вказує на те, що лише центральний, західний та північний регіони досягли ефективного зростання. На цьому етапі галузь логістики в західних регіонах розширилася, але показала низькі результати щодо продуктивності та захисту навколишнього середовища. Через повномасштабне вторгнення розрив РЛС між регіонами поступово збільшувався, демонструючи поступове зменшення ознаки диференціації «схід – центр – захід». З огляду на просторовий розподіл, області низького та відносно низького рівня з РЛС поступово зменшувалися протягом періоду обстеження, переважно в західних та південно-східних регіонах, а райони високого рівня поступово збиралися у центральному регіоні.

2. Відповідно до результатів оцінки щільності ядра, з 2002 по 2024 роки центр і інтервал зміни кривої розподілу щільності ядра рівня РЛС у всій країні та трьох основних областях перемістилися вправо. Висота піку демонструвала тенденцію до зниження, а ширина піку поступово збільшувалася. З точки зору коефіцієнта Джині, загальні, внутрішньорегіональні та міжрегіональні коефіцієнти Джині вказують на загальний висхідний рух протягом досліджуваного періоду. Серед них міжрегіональна різниця була основним

джерелом загальної різниці, а міжрегіональна різниця центральними та північними регіонами була найбільшою.

3. Вплив різних факторів на РЛС характеризувався явною просторовою та часовою неоднорідністю. З точки зору часу, рівень цифровізації, транспортна інфраструктура, капітальні інвестиції та екологічне регулювання мали позитивний вплив на РЛС між 2002 та 2024 роками, тоді як інноваційний потенціал змінював свій вплив у 2017-2020 роках. З просторового виміру рушійний ефект інноваційної спроможності, рівня цифровізації, капітальних інвестицій та транспортної інфраструктури на РЛС продемонстрував характеристики розподілу «сильні на сході, але слабкі на заході».

По-перше, галузь логістики повинна відмовитися від надмірної гонитви за розширенням масштабу екстенсивної моделі розвитку, підкреслити та реалізувати основну ідею «підвищення якості та ефективності», зосередитися на збереженні ресурсів та охороні навколишнього середовища, підвищити ефективність використання факторів і продовжувати просувати РЛС. Зокрема, рівень і темпи зростання РЛС у західному регіоні значно нижчі, ніж у промислово розвинених центральному та східному регіонах. Таким чином, уряд має продовжувати та поглиблювати політику «західного розвитку», сприяти поступовому переміщенню промисловості зі сходу на захід та зміцнювати економічну основу на заході. Крім того, уряд також повинен посилити фіскальну політику на захід, щоб розвиток логістичної галузі приносив користь більшій кількості регіонів і людей.

По-друге, галузь логістики повинна подолати регіональні бар'єри, зміцнити міжрегіональне промислове співробітництво, зменшити міжрегіональні відмінності в рівні РЛС і пом'якшити явище поляризації. Зокрема, центральному та східному регіонам слід покладатися на перевагу першоджерела розвитку логістичної галузі, прискорити обслуговування, а також технологічні інновації, а також підвищити провідні можливості та радіаційний драйв у логістичній мережі. Західні регіони мають зосередитись на територіях занедбаному стані. Спираючись на перевагу державної підтримки, ці області

повинні сприяти швидкому розвитку логістичної галузі. Вони мають активно використовувати власні переваги та шукати власний шлях розвитку логістичної галузі. Водночас галузь логістики повинна налагодити ефективну співпрацю та канали зв'язку між регіонами, прискорити потік і розповсюдження виробничих факторів, зміцнити взаємозв'язок транспортних шляхів, а також сприяти додатковим перевагам та економічним зв'язкам між регіонами, щоб реалізувати швидку циркуляцію логістичних ресурсів, принести ефект масштабу та звуження відмінностей між регіонами.

По-третє, кожен регіон повинен вибрати відповідний шлях розвитку логістичної галузі відповідно до різних умов з точки зору місцевості та часу. Наприклад, центральний регіон повинен відповідним чином контролювати масштаби агломерації логістичної галузі, запроваджувати іноземні інвестиції високого рівня, підкреслювати роль інвестування у просуванні зеленого технологічного прогресу в галузі та посилювати екологічне регулювання. З одного боку, адміністративні органи можуть сформулювати спеціальні правила для логістичної галузі, наприклад, штрафи за надмірні викиди з вихлопної труби транспортних засобів. З іншого боку, органи влади південного регіону та м. Київ повинні збільшити та посилити екологічне регулювання. Коли вартість штрафів, з якими стикаються підприємства, перевищує вартість їхніх вкладів у захист навколишнього середовища, підприємства більш охоче вживають заходів, які зменшують забруднення навколишнього середовища. Безумовно, для малих і середніх логістичних підприємств необхідно, щоб держава надала фінансову підтримку їх зеленим інноваціям. Крім того, це має поглибити ступінь інтеграції між галуззю логістики та цифровими технологіями та сприяти розвитку індустрії логістики в напрямку цифровізації. Крім того, вона має посилити свій імпульс інноваційного розвитку та створити диверсифіковану інноваційну платформу. У західних і північних регіонах вкрай важливо активно створювати концентрацію логістичної галузі, щоб застосувати ефект масштабу агломерації, а також уникнути дублювання будівництва та жорсткої конкуренції між регіонами. Водночас вони також повинні відповідним чином знизити поріг входження

іноземних інвестицій та підвищити інноваційний потенціал за допомогою різних способів, таких як інвестиції в дослідження та розробки в регіоні, багатонаціональні інвестиції в дослідження та розробки, запровадження технологічних контрактів та поширення технологій інвестування. Крім того, уряд має продовжувати збільшувати інвестиції в транспортні об'єкти, інформаційні об'єкти та інноваційні об'єкти в північних та західних областях. Враховуючи відносну відсталість розвитку логістичної галузі та той факт, що екологічні норми є переважно негативними гальмівними факторами в південному регіоні, з одного боку, уряд також має розумно контролювати інтенсивність екологічних норм, а також використовувати комбінацію адміністративного примусу, економічне стимулювання, адміністративне керівництво та інші засоби, щоб уникнути надмірного обтяження витрат підприємств і знеохочення їх до інновацій. З іншого боку, південний регіон багатий на чисті енергетичні ресурси, такі як сонячна, вітрова та гідроенергія. Отже, уряд має підтримувати та допомагати місцевим громадам розвивати чисту енергію та збільшувати частку використання чистої енергії в логістичній галузі, щоб принципово досягти мети скорочення викидів вуглецю та реалізації гармонізації економічних та екологічних переваг.

Стрімкий розвиток логістичної галузі відіграє важливу роль в економічному зростанні країни та оптимізації промислової структури. Зокрема, економічний розвиток ще більше потребує підтримки логістичної галузі перед обличчям впливу несподіваних подій (наприклад, продовження воєнних дій, фінансових криз, нових епідемій коронавірусу) та інших ризиків невизначеності. Однак через високий рівень забруднення логістичної галузі, наприклад у країнах, що розвиваються, як-от Україна, де високі витрати все ще є проблемою, логістична галузь має досягти якісного розвитку.

Дане дослідження поєднує в собі кілька моделей для всебічного вивчення проблем, пов'язаних з РЛС в Україні, покращуючи та збагачуючи дослідження РЛС. Порівняно з попередніми дослідженнями нами було зроблено деякі покращення та отримано деякі нові висновки. По-перше, розроблено систему

індексів оцінювання на основі конотації РЛС, яка може служити орієнтиром для інших країн і регіонів для оцінки рівня РЛС. По-друге, розглянуто динамічні еволюційні моделі та регіональні варіації РЛС в Україні, з особливим акцентом на регіональних варіаціях. Результати дослідження показали, що загальна різниця в рівні РЛС поступово розширюється, причому міжрегіональна різниця була основним джерелом загальної різниці. Багато країн стикаються з проблемою дисбалансу розвитку логістичної галузі. Тому дуже важливо з'ясувати першопричини цього дисбалансу та сформулювати заходи щодо його усунення. По-третє, використано модель GTWR для дослідження просторової та часової неоднорідності впливу різних факторів на РЛС. Вона надає теоретичну основу та практичну інформацію не лише для України, але й для інших країн і регіонів, щоб сформулювати політику з урахуванням місцевих умов для сприяння РЛС у майбутньому. Загалом, завдяки цьому дослідженню ми можемо мати більш чітке розуміння статусу РЛС в Україні, надати наукові обґрунтування для скорочення розриву в розвитку логістичної галузі між регіонами та оптимізації просторового розташування логістичної галузі, що можуть слугувати універсальним інструментом дослідження РЛС в інших країнах і регіонах. Крім того, підтверджено перевагу в застосуванні моделі GTWR через порівняння з іншими моделями – OLS, TWR та GWR. Таким чином, модель GTWR можна розглядати при дослідженні розподілу просторової та часової неоднорідності географічних явищ.

РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНАЛЬНИХ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

3.1. Узгодження цілей сталого розвитку та розвитку РЛС

В контексті сучасної економічної глобалізації та швидкого технологічного розвитку, логістична галузь стала важливим компонентом національного розвитку, відіграючи ключову роль у зв'язку між виробниками та споживачами. Однак, слід зазначити, що логістичний сектор, будучи енергоємним, робить значний внесок у викиди вуглекислого газу. Згідно зі статистичними даними щодо використання енергії, транспортний сектор відповідає приблизно за 25% загального комерційного споживання енергії у світі та споживає приблизно половину загального обсягу видобутку нафти [92]. Із загостренням проблем сталого розвитку громадськість тисне на РЛС з вимогою вжити проактивних заходів щодо низьковуглецевих інвестицій.

Тому робота зі скорочення викидів вуглецю в логістичній галузі стала спільною метою для багатьох країн. Деякі розвинені країни, такі як Сполучені Штати та Японія, вжили важливих заходів для сталого розвитку логістичної галузі. Наприклад, Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA) та Міністерство транспорту (DOT) у 2023 році прийняли постанову, яка визначає стандарти викидів парникових газів та економії палива з метою розвитку сталої логістики [93].

Логістична галузь є другим за величиною джерелом викидів вуглекислого газу в Китаї. Тому Китай випустив певні правила, щоб допомогти логістичній сфері зменшити забруднення навколишнього середовища, заохотити розвиток сталого логістичного сектору та зменшити викиди вуглецю. Зокрема, «Національний план розподілу та будівництва логістичних центрів» – це один із довгострокових планів розвитку, спрямованих на сприяння сталому розвитку транспортної галузі Китаю з 2018 по 2025 рік, включаючи створення ефективної, розумної та зеленої сучасної логістичної системи [147]. Китай прагне досягти

вуглецевого піку до 2030 року та вуглецевої нейтральності до 2060 року, що викликало широку міжнародну увагу.

В Україні відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [56] метою є «відновлення транспортної системи, яка постраждала внаслідок збройної агресії російської федерації проти України, на якісно вищому рівні, подальша її розбудова відповідно до політики та стандартів ЄС, зокрема вимог сталої, інклюзивної та стійкої до криз мобільності транспорту».

Вся логістична система потребує термінової трансформації для підвищення операційної ефективності та зменшення викидів вуглецю. Зі швидким розширенням ринку електронної комерції та популяризацією мережевої економіки, логістична галузь почала процвітати, водночас пред'являючи вищі вимоги до навколишнього середовища, особливо з точки зору сталості та екологічного впливу. Тому вжиття проактивних заходів для логістичної галузі є ефективним заходом для досягнення сталого розвитку та енергетичного переходу.

З іншого боку, оскільки розмір ринку логістичної галузі продовжує зростати, потужні оператори логістичних послуг (ОЛП) в світі, такі, наприклад, як Amazon, Ali Express, Temu та ін. почали проникати на ринок низових поставок та безпосередньо надавати логістичні послуги. РЛС вживають проактивних заходів у відповідь на втручання ОЛП. Європейські РЛС почали впроваджувати сталий розвиток, такий як впровадження хмарної інформаційної системи екологічного менеджменту та системи логістики переробки. Ці системи дозволяють РЛС оптимізувати транспортні маршрути, мінімізувати логістичну неефективність та зменшувати непотрібний та недійсний пробіг транспортування. Альтернативні дії включають розробку більш екологічних пакувальних матеріалів для зменшення забруднення навколишнього середовища за допомогою технологічних інновацій. Розвиток сталої логістики дає конкурентну перевагу для РЛС, особливо коли їм доводиться протистояти

потужним ОЛП, який не лише надає логістичні рішення, але й надає споживачам універсальні логістичні послуги, щоб конкурувати з РЛС.

Однак розвиток сталої логістики не завжди є розумною стратегією для РЛС [165]. З точки зору управління ланцюгом поставок, взаємодію між високими початковими витратами на інновації, управлінням складними відносинами в ланцюгу поставок та сприйняттям і уподобаннями споживачів необхідно додатково оцінити, що призводить до можливих стратегічних небезпек для РЛС. Це головним чином тому, що їхні конкуренти можуть отримати вигоду від ефекту побічної дії сталої логістики та зменшити їхні прибутки, використовуючи потужні засоби прийняття рішень (наприклад, оптові ціни, плату за послуги та конкурентний обсяг попиту). У цьому сенсі стала логістика може насправді не забезпечити одночасного покращення як економічних, так і екологічних показників; натомість вона може негативно вплинути на прибутки фірм і збільшити навантаження на навколишнє середовище через більш вимогливі робочі навантаження. Наприклад, невдача постачальників логістичних послуг у Туреччині впроваджувати інновації в сталу логістику через фактори, пов'язані як з ланцюгом поставок, так і з ринком, є підтвердженням цього [150].

Природно виникають питання:

- Які компроміси та мотивації у РЛС для розвитку сталої логістики?
- Як розвиток сталої логістики вплине на операційні та стратегічні рішення РЛС, особливо у їх взаємодії?
- Яку роль відіграє ціна послуги з перевезення вантажів у стратегії сталого розвитку РЛС за умов взаємодії?
- Як фактори сталого розвитку впливають на прийняття рішень щодо розташування логістичних центрів?

Компроміси та мотивації у РЛС для розвитку сталої логістики. Докладання зусиль щодо сталого розвитку для захисту довкілля відображає соціальну відповідальність РЛС. Зі зростанням екологічної свідомості суспільства споживачі все частіше віддають перевагу сталим товарам/послугам і

готові платити вищу ціну [96]. Екологічна свідомість споживачів спонукає РЛС розвивати сталу логістику для створення іміджу бренду, що розширює їхній ринковий потенціал і приваблює більше споживачів, орієнтованих на сталий розвиток. Інновації у сфері сталого розвитку переважно передбачають розробку та застосування передових технологій, таких як впровадження хмарної системи управління навколишнім середовищем, яка вимагає певних високотехнологічних команд, технологій та/або обладнання. Інновації у сфері сталого розвитку зосереджені на мінімізації впливу на довкілля та сприянні економічній життєздатності. Однак інвестиції в такі інновації є дуже дорогими та залежать від рівня зусиль РЛС у сфері сталого розвитку.

Звичайно, на нашу думку, дорогі зусилля РЛС у сфері сталого розвитку визначаються як їхні інвестиції в інновації у сфері сталого розвитку, які впливають як на вподобання споживачів, так і на обсяг забруднення, що утворюється внаслідок управління обсягами попиту. З цією метою розвиток сталої логістики РЛС може змінити структуру їх витрат, що може призвести до того, що вигоди від сталої логістики будуть недостатніми для покриття інвестиційних витрат. Тому РЛС повинні ретельно зважувати витрати та вигоди від інвестицій у розвиток сталої логістики.

Вплив сталої логістики на операційні та стратегічні рішення взаємодії РЛС. З точки зору інтеграції цілей сталого розвитку важливим є стимулювання РЛС розвивати сталу логістику в кооперативному ланцюжку поставок, що включає РЛС та ОЛП, де фірми конкурують у логістичних послугах, а також співпрацюють у сфері вантажних перевезень. У бізнес-практиці РЛС та ОЛП конкурують за ринковий попит на послуги доставки вантажів/посилок, співпрацюючи у сфері вантажних перевезень, щоб забезпечити зручність каналів для споживачів для відправлення своїх посилок. РЛС несе вищі витрати на вантажні перевезення порівняно з ОЛП через нижчу ефективність РЛС. Фірми інтегрують функції пакування, складування та транспортування, щоб надавати споживачам взаємозамінні послуги доставки. РЛС та ОЛП також конкурують в гарантованому часі доставки (PDT), щоб забезпечити високоякісний сервіс.

Загалом, PDT став важливим фактором у логістичній галузі, оскільки затримки можуть зашкодити прибуткам та репутації фірм через необхідність компенсувати споживачам час затримки.

Такий кооперативний ланцюг поставок, чутливий як до попиту, так і до обіцяного часу доставки, часто досліджується в існуючій літературі. Наприклад, в [153] автори, вивчаючи стимул головного авіаперевізника вантажів виходити на регіональний ринок перевезень, що знаходиться вище за ринкову ціну, розглядають спільний попит та конкуренцію PDT. [128] досліджують модель, що складається з двох конкуруючих перевізників, де один перевізник може інвестувати в інформаційні технології для прогнозування ринкового попиту та вирішення, чи ділитися інформацією про попит зі своїм конкурентом.

В [157] досліджують рішення роздрібного продавця, який уникає ризику, розробляти власний брендовий продукт, щоб конкурувати з продуктом виробника в двоетапному ланцюжку поставок. Враховуючи обмеження потужностей та абстрагуючись від цінової дискримінації, автори [157] виявляють, що конкуренція та співпраця між високошвидкісним залізничним та повітряним транспортом можуть покращити соціальний добробут. В [117] досліджено ланцюг поставок транспортних послуг та визначено можливості для горизонтального альянсу для двох конкуруючих перевізників, а також запропоновано покращений контракт на розподіл доходів, який координує ланцюг поставок. Автори [112] досліджують конкуренцію за ціною та якістю послуг між платформою електронної комерції (наприклад, Amazon) та сторонніми продавцями, а також вплив логістичної послуги «Виконано Amazon». Таким чином, сталий розвиток інновацій РЛС може змінити структуру витрат системи і зрештою вплинути на прибутковість інших учасників ланцюга поставок. Тому, на нашу думку, варто дозволити РЛС визначати сталий рівень своєї сталої логістики як стратегічне рішення, а не фіксувати його екзогенно через програми та стратегії національного розвитку.

Вплив ціни послуг з перевезення вантажів у стратегії сталого розвитку РЛС за умови взаємодії. З цією метою можна спиратися на модель конкуренції

Курно, яка характеризує взаємовідносин між РЛС та потужним ОЛП, причому обидва надають логістичні послуги «від дверей до дверей». Взагалі конкуренція Курно часто зустрічається в наукових дослідженнях, де моделі демонструють, як кооперативне управління покращує надання послуг та знижує витрати. Наприклад, в роботі [72] автори показують, що співпраця вигідна для перевізників та споживачів, тоді як в [153] підкреслено максимізацію прибутку шляхом перевезення вантажів без переговорів. Автори [128] досліджують альянси спільного використання логістики під впливом обіцянок щодо доставки, обговорюють обмежене впровадження блокчейну на тлі конкурентної динаміки, аналізують взаємодію витрат та інформаційних структур, досліджують вплив обмеженого розподілу потужностей на продуктивність платформ, надлишок клієнтів та соціальний добробут.

Рішення щодо ціноутворення аналізуються в [71], де досліджують рішення щодо цін на тлі зниження витрат завдяки логістичним альянсам. Подальші праці досліджують конкуренцію та вплив диференціації витрат, наголошують на стратегіях ціноутворення та лідерстві в логістиці, показують, як покращені послуги доставки на Amazon підвищили цінність продукту та ефективність для малих роздрібних торговців [116]. Тому, на нашу думку, необхідно звернути увагу на процес прийняття рішень РЛС щодо сталого розвитку і як ці рішення впливають на прибутки конкурентів та потенціал для координації між економічною та екологічною стійкістю.

Вплив факторів сталого розвитку на прийняття рішень щодо розташування логістичних центрів. Проблема розташування логістичних центрів (ЛЦ) зосереджена на стратегічному плануванні вузлів та хабів, метою якої є визначення оптимального розташування центральних об'єктів за допомогою методів оптимізації рішень для досягнення конкретних цілей. Логістичні центри є центральними точками діяльності РЛС, що має важливий вплив на логістичну структуру міст. А міська логістика трансформує сталий розвиток та ефективність.

Відповідно до Стратегії сталого розвитку України до 2030 року [16] з метою забезпечення збалансованості економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку України держава виступає за розвиток міської агломерації, щоб сприяти розвитку більшої кількості міст і прилеглих територій, і запровадила велику кількість політик для сприяння та прискорення розвитку міської агломерації. Таким чином, в цьому випадку політика економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку вплине на поточний і майбутній розвиток регіональної логістики.

Наразі, прийняття рішень щодо розташування для ЛЦ стикається зі значними труднощами. По-перше, це брак міждисциплінарних досліджень з географії та врахування сталого розвитку ЛЦ, таких як нездатність всебічно проаналізувати елементи географічної інформації, використання чистої енергії та дослідження майбутнього розташування ЛЦ. У майбутньому великі логістичні компанії продовжуватимуть відігравати важливу роль та вести логістичну галузь в екологічно чистому, ефективному та сталому напрямку.

Згідно з наявною літературою, можна знайти підтвердження, що прийняття рішень щодо розташування логістичних центрів базується на різних критеріях аналізу. Зокрема, в роботі [161] створено комплексну систему критеріїв для рішень щодо розташування логістичних центрів, враховуючи навколишнє середовище, економіку, природу та суспільство. Автори зосередилися на характеристиках розташування логістичних об'єктів, включаючи такі аспекти, як ринок, транспорт, інфраструктура, земля та політика. Автори [131] розробили систему аналізу, що включає організацію, навколишнє середовище та технології, для оцінки факторів впливу на логістичну галузь.

Крім того, інтеграція геоінформаційної системи (ГІС) з багатокритеріальним прийняттям рішень (MCDM) стає все більш поширеною у вирішенні питань розташування. В [102] автори поєднали ГІС з MCDM для визначення планування маршруту екологічно стійких доріг у будівельному середовищі. Схожі дослідження, в яких використано комбінацію ГІС з MCDM, стосуються вирішення проблем розташування в логістиці екстреної медичної

допомоги, розгортання станцій спільної велосипедної системи, визначення сценаріїв управління міським водопостачанням, розташування логістичних центрів у надзвичайних ситуаціях міста, оцінки небезпеки повеней у системі метрополітену, розташування нового промислового парку та ін.

Щодо досліджень мереж, то в [63] застосовано гравітаційну модель для вивчення просторової структури мережі, пов'язаної з продуктивністю портів. Загалом, розрахунок значень гравітації логістичного простору серед кожної альтернативи за допомогою вдосконаленої моделі гравітації та використання мереж використовується для вимірювання зв'язків між альтернативами з метою виявлення підгруп з високим рівнем співпраці також є методом побудови логістичної мережі.

Шляхом узагальнення та аналізу відповідної літератури можна виявити, що:

1) Існуючі дослідження часто не враховують належним чином використання відновлюваної енергії під час розгляду рішень щодо розташування великих логістичних центрів, що призводить до значних недоліків у впливі на навколишнє середовище та сталому розвитку. Інтеграція технологій відновлюваної енергії в логістичні центри для досягнення сталого розвитку має вирішальне значення для скорочення експлуатаційних викидів вуглецю та підвищення енергоефективності. Крім того, відсутність використання відновлюваної енергії може наражати логістичні центри на ризики, пов'язані зі зростанням цін на енергоносії та дедалі суворішими екологічними нормами в довгостроковій перспективі.

2) Сучасні дослідження зосереджені на одновимірному розвитку, нехтуючи комплексним впливом кожного етапу прийняття рішень щодо розташування. Тим часом традиційні моделі переважно базуються на простих статистичних або емпіричних методах, які є дуже чутливими до даних і не мають переконливих пояснень кінцевих результатів.

3) Більшість досліджень логістичних центрів зосереджені переважно на співвідношенні витрат і вигод, навколишньому середовищі та технологіях, без

урахування географічних умов будівництва та без проведення комплексного мислення. Більше того, більшість досліджень зосереджені переважно на рішеннях щодо розташування, з акцентом на пошуку оптимальних місць для будівництва, водночас нехтуючи розробкою та плануванням майбутніх логістичних центрів, що не відповідає фактичній ситуації. Покладання на попередні рішення щодо розташування без вивчення загального планування також може вплинути на подальшу діяльність та загальне підвищення ефективності.

Отже, сталий розвиток став одним з основних пріоритетів як в академічних колах, так і в промисловості, особливо в логістичній галузі, де значне збільшення вантажів/посилок викликало занепокоєння щодо захисту навколишнього середовища. З огляду на тиск з боку потужних постачальників послуг (ОЛП) на ринок, державне регулювання, соціальну відповідальність принципи розміщення логістичних центрів, постає питання, чи повинні українські РЛС інвестувати в інновації в галузі сталих технологій, незважаючи на величезні витрати?

Ще в 2018 році Міністерством інфраструктури України разом зі Світовим банком було запропоновано Проект Стратегії сталої логістики та План дій для України [63], який через пандемію та війну так і не був впроваджений. В цьому проекті поняття сталої логістики класично охоплює три виміри, наведені та проілюстровані на рис. 3.1:

- Економічна сталість, в т. ч. зусилля щодо досягнення та підтримки фінансової стійкості державного сектора та економічної рентабельності логістичних операцій у державному або приватному секторі;
- Соціальна сталість, в т. ч. підвищення безпеки дорожнього руху та інших видів безпеки, проблеми охорони праці та справедливої винагороди за роботу, уникнення заторів і затримок;
- Екологічна сталість, в т. ч. підходи до мінімізації впливу викидів та інших зовнішніх впливів, пов'язаних з транспортними та логістичними операціями, яких зазнають люди, а також штучне та природне середовище [63].



Рис. 3.1. Виміри сталої логістики [63]

Даний проект розроблено здебільшого для макрорівня та не враховує, наприклад, концепцію «уникай, переходь, покращуй» (Avoid-Shift-Improve) (рис. 3.2) для вантажного транспорту, якої РЛС можуть дотримуватися з метою підвищення сталості своїх операцій.



Рис. 3.2. Ідея концепції «уникай, переходь, покращуй» для вантажного транспорту [145]

Втім, варто відмітити наявність зв'язку між Національною транспортною стратегією на період до 2030 року [56] і Стратегією сталої логістики [63] (рис.

3.3). Як зазначено в останній [63], найсильніший зв'язок спостерігається з пріоритетним напрямом 1 «Конкурентна та ефективна транспортна система», який стосується багатьох питань конкурентоспроможності та рентабельності, які також є важливими питаннями в Стратегії сталої логістики. Зв'язок між двома стратегіями є найслабшим у зоні пріоритетному напрямі 4 «Безперешкодна мобільність та міжрегіональна інтеграція», оскільки останній в основному стосується пасажирського транспорту та мобільності.



Рис. 3.3. Узгодження цілей сталого розвитку з Національною транспортною стратегією [63]

Основні завдання даного проекту Стратегії, а саме: оцінка основних фізичних та регуляторних гальм, виявлених у логістиці важливих експортних продуктів або пов'язаних з ланцюгами їх постачання; аналіз покращення взаємодії міста та порту, так і не були реалізовані. Тому все ще актуальним залишається питання впровадження цілей сталого розвитку в діяльність українських РЛС.

3.2. Цифровізація логістики для переходу до сталого розвитку

Прискорення економічної глобалізації позиціонувало РЛС як життєво важливий канал для глобального, національного та регіонального обігу товарів. Однак швидке розширення логістичних мереж посилює екологічні проблеми, оскільки часті транспортні операції генерують значні викиди вуглецю, виснажують ресурси та сприяють деградації. За оцінками, світовий ринок логістики у 2023 році оцінювався у 8,96 трильйона доларів США, і очікується, що до 2028 року він зросте до 15,79 трильйона доларів США. Однак логістика також є однією з найбільш вуглецевомістких галузей. За даними Всесвітнього економічного форуму (2025), на транспортний сектор припадає від 16 до 25 відсотків світових викидів парникових газів, а сучасні тенденції скорочення викидів вуглецю в логістиці є недостатніми для досягнення нульових викидів вуглекислого газу (CO₂) до 2050 року. Ця недостатність є значною перешкодою для досягнення Цілей сталого розвитку.

В Україні відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [56], зазначено, що «відновлення та подальший розвиток транспортної системи країни системно та у найкоротші строки неможливе без використання **цифрових систем, які є невід’ємним фактором забезпечення сталого розвитку** всіх видів транспорту та здатні підтримувати впровадження змін і реформ».

На тлі ескалації глобальних зобов’язань щодо боротьби зі зміною клімату та сталого розвитку, узгодження зростання логістики зі збереженням навколишнього середовища стало критичним імперативом. Таким чином, балансування економічного зростання та екологічної стійкості є нагальною вимогою для зростання логістичної галузі в наш час. Стала логістика визначається як економічна, соціальна та екологічна ефективність, пов’язана з використанням ресурсів та енергії, і вважається критичним показником для підтримки економічного зростання, одночасно сприяючи досягненню цілей декарбонізації.

Історично оптимізація логістики спиралася на статичні правила та експертні судження, часто надаючи пріоритет операційній ефективності над екологічними міркуваннями. Нещодавні досягнення в комп'ютерних технологіях, що охоплюють планування маршрутів на основі даних, планування на основі штучного інтелекту (ШІ) та екологічну аналітику в режимі реального часу, пропонують трансформаційний потенціал для вирішення цього дисбалансу [46,64]. Ці інновації не лише підвищують операційну ефективність, але й запроваджують механізми динамічного екологічного регулювання, що дозволяє логістичним системам адаптуватися до складних, нелінійних обмежень, властивих сталій торгівлі [125].

Існуючі дослідження підкреслюють обмеження традиційних підходів до управління багатоцільовими компромісами між екологічною ефективністю та сталим розвитком. Хоча методи аналізу даних та інтелектуальні системи планування продемонстрували попередній успіх у скороченні викидів, залишаються прогалини в інтеграції екологічних показників у гетерогенних логістичних мережах та узгодженні регіональних політичних рамок [91]. Тому дослідження дисбалансу та встановлення потенційної рівноваги РЛС та системи екологічної оцінки є актуальним та на часі.

За сучасних умов цифровізація стає трансформаційною силою у зміні екологічної ефективності логістики. Широкі дослідження показали, що інтеграція цифрових технологій, таких як Інтернет речей (IoT), цифрові двійники та великі дані, у логістичний сектор може підвищити операційну ефективність, знизити витрати на дистрибуцію, а також підвищити своєчасність і стандарти обслуговування [149].

Окрім економічних показників, цифровізація також має екологічні переваги. Емпіричні дані свідчать про те, що цифровізація може зменшити кількість споживаної енергії та знизити викиди CO₂. Наприклад, в [166] проаналізовано дані про економіку країн Азії, що розвиваються, з 1990 по 2019 рік і отримано висновки, що цифрові технології можуть стійко підвищити

енергоефективність, зменшити викиди вуглецю та покращити екологічні показники в довгостроковій перспективі.

Однак не всі поділяють цю оптимістичну точку зору. Критики стверджують, що сталий цифровий розвиток вимагає значного споживання енергії, що з часом може призвести до більшої деградації навколишнього середовища [11]. Їхні висновки свідчать про те, що інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) значно збільшують викиди CO₂.

Ці суперечливі результати відображають сучасні дебати щодо екологічних наслідків цифровізації. Точніше, залишається незрозумілим, чи послідовно цифровізація посилює сталість логістики. Більше того, попередні дослідження значною мірою не враховували потенційну пом'якшувальну роль цифровізації у взаємозв'язку між різними енергетичними ресурсами та екоефективністю логістики. Хоча відновлювана енергія все частіше просувається як стійка альтернатива, невідновлювана енергія все ще домінує у споживанні енергії в логістичних операціях. Тому вкрай важливо дослідити, як використання відновлюваних та невідновлюваних джерел енергії впливає на сталу логістику, та оцінити, чи може цифровізація пом'якшити цей вплив.

Проведений аналіз попередніх досліджень показує, що навчання з підкріпленням та гібридні моделі перевершують традиційні методи оптимізації у досягненні цілей сталої логістики, особливо за умов динамічних обмежень. Крім того, інтеграція інфраструктур блокчейну та Інтернету речей (IoT) сприяє надійному обміну екологічними даними, а платформи віртуального моделювання дозволяють політикам оцінювати вплив втручання в різних регуляторних середовищах [11-12].

Тому постають нагальні питання, вирішення яких лежить в трьох площинах:

- встановлення єдиної системи для кількісної оцінки впливу на навколишнє середовище на всіх етапах логістики, враховуючи вуглецевий слід, енергоефективність, матеріальний потік, просторовий тиск та інституційні показники;

- впровадження адаптивних алгоритмічних архітектур, які динамічно балансують екологічні та операційні цілі;
- емпірична перевірка моделей регіональної взаємодії, демонструючи, як узгодження політики та технологічна сумісність підвищують ефективність сталої логістики.

Поєднуючи технологічні інновації з механізмами управління, можна пропонувати дієві шляхи для трансформації сталої логістики від теоретичного прагнення до основної практики, що лежить в основі глобальних зусиль щодо вуглецевої нейтральності.

Нещодавні досягнення в комп'ютерних технологіях каталізували зміну парадигми у вирішенні подвійних імперативів ефективності та сталого розвитку в логістиці. Протягом останніх років наукові зусилля дедалі більше зосереджувалися на інтеграції екологічних міркувань в оптимізацію логістики, що зумовлено нагальністю дій щодо зміни клімату та поширенням цифрових інструментів.

Сучасні дослідження наголошують на переході від статичного, заснованого на правилах логістичного планування до динамічних, орієнтованих на дані моделей. Традиційні методи, що спираються на історичні прецеденти та експертні судження, виявилися неадекватними в управлінні складністю глобальних ланцюгів поставок, особливо за умов коливань попиту та екологічних обмежень. Нещодавні дослідження використовують методи машинного навчання та аналізу даних, такі як алгоритми кластеризації, аналіз правил асоціації та нейронні мережі, для оптимізації планування маршрутів та розподілу ресурсів [95]. Ці підходи демонструють покращену адаптивність до змінних у реальному часі, таких як затори на дорогах та погодні умови. Однак критика підкреслює постійну прогалину: недостатню представленість екологічних показників у моделях оптимізації. Хоча алгоритми чудово мінімізують витрати та затримки, їхня здатність інтерналізувати вуглецеву інтенсивність або енергоефективність як основні параметри залишається недостатньо розвиненою. Нові рішення

пропонують гібридні моделі, які поєднують просторово-часове об'єднання даних з екологічними показниками, проте масштабованість у гетерогенних логістичних мережах залишається проблемою [123].

Інтелектуальні системи планування на базі алгоритмів штучного інтелекту є значним кроком у балансуванні операційних та екологічних цілей. Системи навчання з підкріпленням та багатоагентні системи здобули популярність завдяки своїй здатності динамічно коригувати графіки на основі даних про викиди в режимі реального часу та моделей споживання енергії. Такі інновації, як периферійні обчислення та діагностика на основі Інтернету речей, підвищують деталізацію моніторингу навколишнього середовища, дозволяючи точно моделювати потоки вуглецю [165]. Незважаючи на ці досягнення, сучасні системи часто надають пріоритет одиничним метрикам, таким як скорочення викидів, над цілісними цілями сталого розвитку. Наприклад, мало моделей враховують взаємодію між переходами від джерел енергії до інших (наприклад, з дизельного палива на водень) та готовністю інфраструктури. Такі роботи вирішують цю проблему шляхом вбудовування багатоцільових функцій винагороди в алгоритми планування, хоча емпірична валідація в транскордонному контексті залишається недостатньою.

Зростання популярності платформ високоточного моделювання трансформувало тестування політики в логістичних екосистемах. Ранні фреймворки спиралися на лінійні проекції та статичні припущення, що обмежувало їхню корисність у прогнозуванні нелінійного впливу політики [106]. Сучасні платформи інтегрують динамічний сценарний аналіз, цифрових двійників та моделі теорії ігор для моделювання взаємодії між зацікавленими сторонами в рамках різних регуляторних режимів. Наприклад, механізми обмеження викидів вуглецю та політика, що базується на стимулюванні, тепер оцінюються разом з операційними змінними, такими як обсяг вантажних перевезень та терміни доставки [108]. Критика зазначає, що існуючі платформи часто не враховують юрисдикційні складнощі, особливо в регіонах з суперечливими регуляторними стандартами для кількісного визначення

хвильового ефекту регіонального законодавства. Проте сумісність через геополітичні кордони залишається недостатньо дослідженою.

Нещодавні досягнення в комп'ютерних технологіях каталізували зміну парадигми у вирішенні подвійних імперативів ефективності та сталого розвитку в логістиці. Протягом останніх років наукові зусилля дедалі більше зосереджувалися на інтеграції екологічних міркувань в оптимізацію логістики, що зумовлено терміновістю дій щодо зміни клімату та поширенням цифрових інструментів.

Сучасні дослідження наголошують на переході від статичного, заснованого на правилах логістичного планування до динамічних, орієнтованих на дані моделей. Традиційні методи, що спираються на історичні прецеденти та експертні судження, виявилися неадекватними в управлінні складністю глобальних ланцюгів поставок, особливо за умов коливань попиту та екологічних обмежень. Нещодавні дослідження використовують методи машинного навчання та аналізу даних, такі як алгоритми кластеризації, аналіз правил асоціації та нейронні мережі, для оптимізації планування маршрутів та розподілу ресурсів. Наприклад, в [142] автори запропонували набір моделей штучного інтелекту в логістичних мережах США для оптимізації екологічно ефективних транспортних потоків, продемонструвавши відчутне скорочення споживання палива та викидів. В [80] застосовано випадкові мережеві ланцюги та машинне навчання для покращення передбачуваності доставки в умовах перебоїв, використовуючи логістичну систему GE Turbine як тестовий майданчик. Хоча ці моделі досягають успіху у зниженні витрат та затримок, вони часто не враховують екологічні цілі. Є спроби усунути цю прогалину за допомогою моделей глибокого навчання з підкріпленням, які вбудовують обмеження на викиди в політику маршрутизації, хоча масштабне розгортання залишається обмеженим.

Розробка комплексних систем екологічної оцінки є критичним кроком до стандартизації показників сталого розвитку в логістиці. Методології оцінки життєвого циклу (LCA), доповнені гібридними методами інвентаризації життєвого циклу, тепер кількісно визначають викиди морським, повітряним та

наземним видами транспорту. Аналіз матеріальних потоків (MFA) та картографування просторового сліду на основі геоінформаційних систем ще більше збагачують ці рамки, відстежуючи використання ресурсів та зони екологічного тиску [104]. Однак більшість систем залишаються ізольованими, з обмеженою інтеграцією інституційних факторів, таких як забезпечення дотримання політики та транскордонне дотримання. Нещодавні зусилля пропонують уніфіковані індекси, такі як індекс сили політики (PSI), для подолання цього розриву, хоча їх практичне впровадження стикається з перешкодами через фрагментацію даних та невідповідні стандарти звітності.

У цій галузі спостерігається швидка конвергенція блокчейну, машинного навчання та змагальних мереж для вирішення давніх проблем. Можливості незмінного реєстру блокчейну підвищують прозорість міжрегіонального обміну екологічними даними, тоді як машинне навчання дозволяє проводити спільну оптимізацію без шкоди для конфіденційності даних. Тестування змагальної стійкості за допомогою генеративних змагальних мереж моделює екстремальні збої, пропонуючи розуміння стійкості системи. Тим не менш, критика підкреслює залежність від теоретичних моделей, а не від реального розгортання, особливо в політично нестабільних або обмежених ресурсами регіонах. Крім того, відсутність глобально узгоджених стандартів сталої логістики увічнює неефективність міжнародної співпраці.

Підсумовуючи, хоча останні досягнення демонструють значний прогрес у узгодженні логістичних операцій з екологічними цілями, критичні прогалини зберігаються в масштабованості, взаємодії та інтеграції політики та технологій. Наступний рубіж полягає у сприянні міждисциплінарним структурам, які гармонізують алгоритмічні інновації, регуляторну узгодженість та співпрацю зацікавлених сторін, забезпечуючи перехід сталої логістики від ізольованих експериментів до системної трансформації.

Оптимізація роботи РЛС на основі аналізу даних

У РЛС проектування маршрутів та управління часом є ключовими факторами ефективності системи. Традиційне планування маршрутів спирається

на статичні правила та експертні судження, намагаючись адаптуватися до складності та мінливості торгівлі. Поширення методів аналізу даних тепер дозволяє динамічно оптимізувати маршрути, витягуючи інформацію з історичних транспортних записів, моделей заторів, кліматичних умов та розподілу замовлень [56]. Такі підходи, засновані на даних, значно підвищують швидкість реагування та загальну ефективність.

Кластерний аналіз, аналіз правил асоціацій та розпізнавання образів можуть структурувати великі обсяги логістичної інформації як вхідні дані для моделей оптимізації. Рис. 3.4 ілюструє тривимірну тенденцію показників ефективності за різних щільностей маршрутів та тривалості транспортування, пропонуючи кількісні рекомендації щодо вибору маршруту.

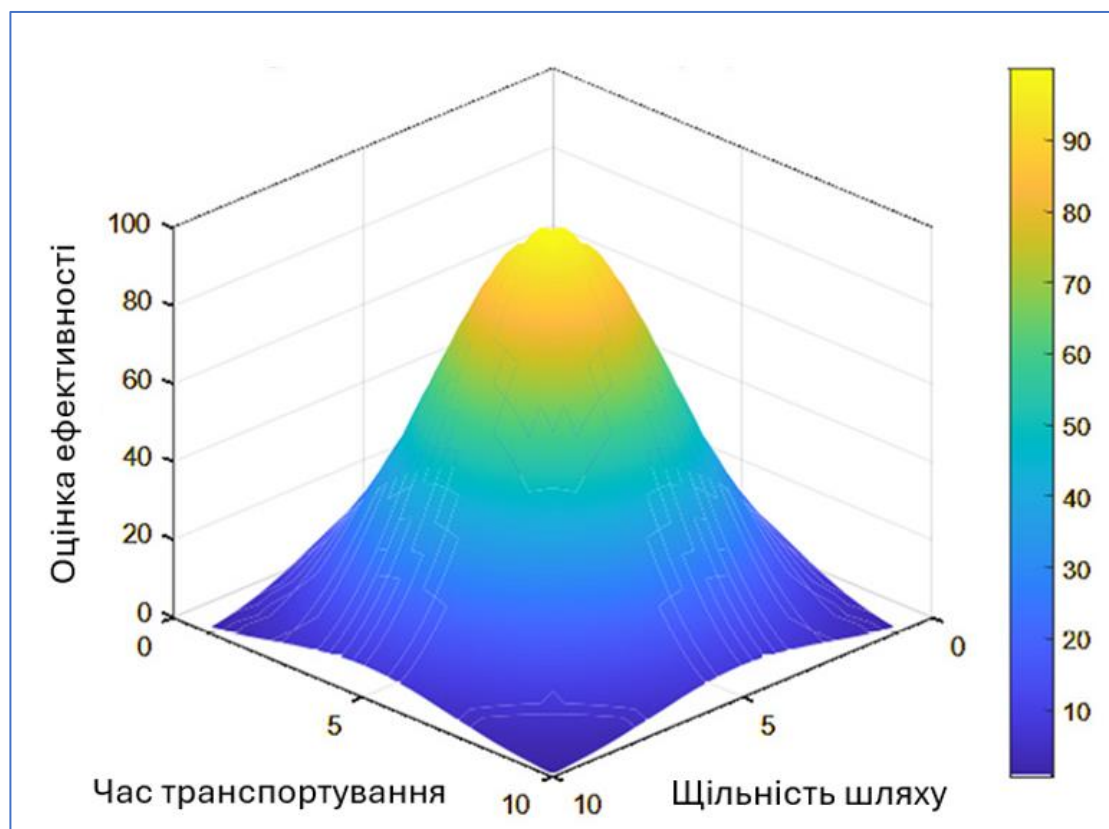


Рис. 3.4. Зв'язок між щільністю логістичних маршрутів та оптимізацією часової ефективності (приклад розроблено автором)

В табл. 3.1 порівнюються поширені алгоритми аналізу даних в оптимізації логістики, оцінюються їх сценарії застосування, обчислювальна складність та

інтерпретація. Вибір відповідного алгоритму повинен відповідати конкретним операційним вимогам.

Таблиця 3.1

Порівняння алгоритмів інтелектуального аналізу даних в оптимізації логістичного шляху, розроблено автором

Алгоритм	Сценарій застосування	Інтерпретація	Обчислювальна ефективність
К-середніх кластеризації	Класифікація вузлів маршруту та розпізнавання образів	Високий	Високий
Апріорний алгоритм	Шаблони взаємозв'язків замовлень на видобуток	Помірний	Помірний
Випадковий ліс	Прогнозне моделювання за кількох факторів	Високий	Помірний
Нейронні мережі	Нелінійна багатовимірна оптимізація	Низький	Високий

Еко-чутливі механізми в інтелектуальних системах планування

Традиційне логістичне планування пріоритезує ефективність та вартість, часто за рахунок екологічної чутливості. Хоча такі підходи можуть принести короткострокові вигоди, вони сприяють довгостроковим втратам енергії та накопиченню вуглецю. Інтелектуальні системи планування, що використовують алгоритми штучного інтелекту та датчики в режимі реального часу, можуть збалансувати потреби в транспорті з екологічними цілями, досягаючи динамічної оптимізації за кількома показниками.

Збираючи траєкторії руху транспортних засобів, дані про затори та параметри викидів, ці системи використовують алгоритми оптимізації, які інтегрують показники викидів вуглецю як вагові коефіцієнти. На рис. 3.5 показано приклад просторового розподілу регіональної інтенсивності викидів

вуглецю до та після інтелектуального втручання в планування, що демонструє значне зменшення гарячих точок викидів.

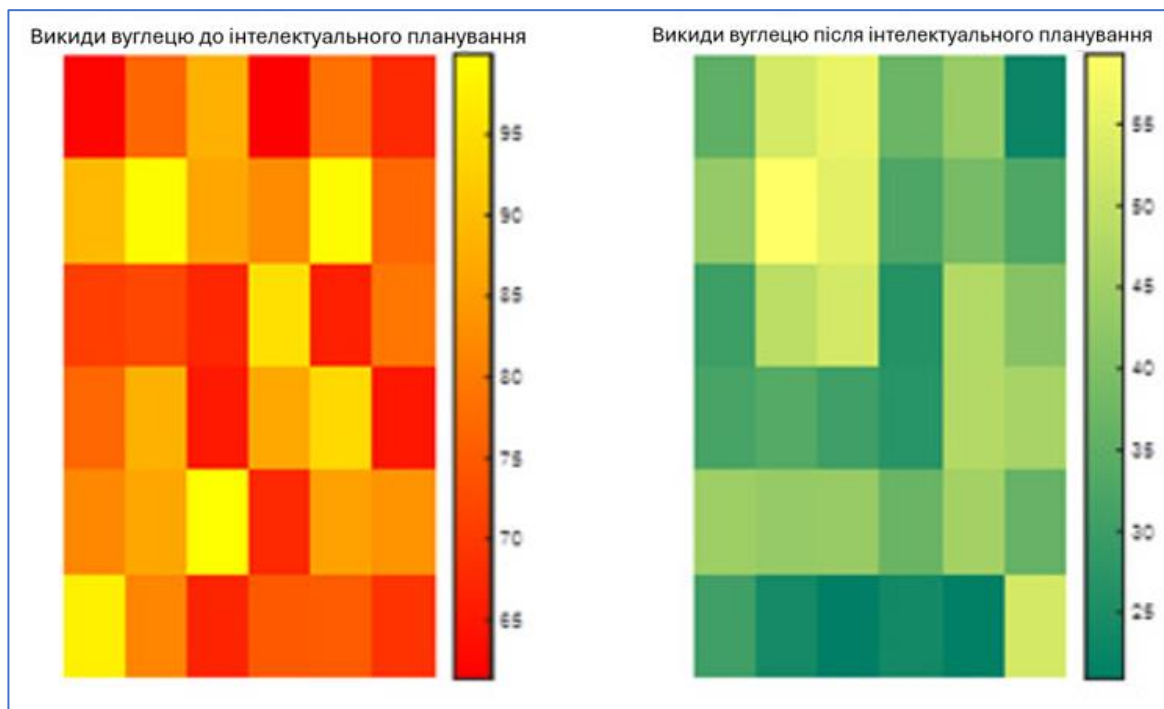


Рис. 3.5. Просторовий розподіл регіональної інтенсивності викидів вуглецю до та після інтелектуального планування, розроблено автором

В табл. 3.2 представлено порівняння чотирьох типових систем планування з точки зору ефективності планування, можливості скорочення викидів та гнучкості системи. Гібридні інтелектуальні стратегії планування постійно перевершують альтернативні варіанти, особливо в складних середовищах з багатьма завданнями.

Платформа віртуального моделювання та моделювання політики

Оскільки логістичні мережі стають складнішими, статичні моделі та лінійні проєкції виявляються неадекватними для оцінки впливу політики. Віртуальні симуляційні платформи з інтерактивними механізмами зворотного зв'язку стали незамінними інструментами для моделювання логістичної та екологічної політики. Ці платформи інтегрують транспортні мережі, економічні показники та екологічні змінні в єдину високопродуктивну структуру, підтримуючи динамічний сценарний аналіз та прогнозування ефектів.

Таблиця 3.2

Порівняння можливостей реагування на зміни навколишнього середовища систем планування, розроблено автором

Тип системи	Ефективність планування	Можливість скорочення викидів	Вартість впровадження (дол. США)	Період окупності інвестицій (місяці)	Складність навчання
Статичні правила	Помірний	Низький	15 000–25 000	18–24	Низький
На основі машинного навчання	Високий	Помірний	40 000–75 000	12–18	Середній
Навчання з підкріпленням	Високий	Високий	85 000–150 000	9–15	Високий
Гібридний інтелектуальний	Високий	Високий	120 000–200 000	6–12	Дуже високий

Візуальні інтерфейси допомагають особам, що приймають рішення, інтуїтивно розуміти шляхи впливу політики, тоді як алгоритмічна еволюція сценаріїв дозволяє адаптивне коригування параметрів та точне налаштування політики. Наприклад, у симуляціях політики обмеження викидів вуглецю платформа може моделювати вантажопотоки до та після втручання та оцінювати компроміси між вуглецевими показниками, приростом витрат та затримками доставки. На рис. 3.6 зображено складний робочий процес симуляції логістичної політики, що охоплює вхідні дані політики, планування моделі, оцінку зворотного зв'язку та коригування результатів у замкнутому циклі керування.

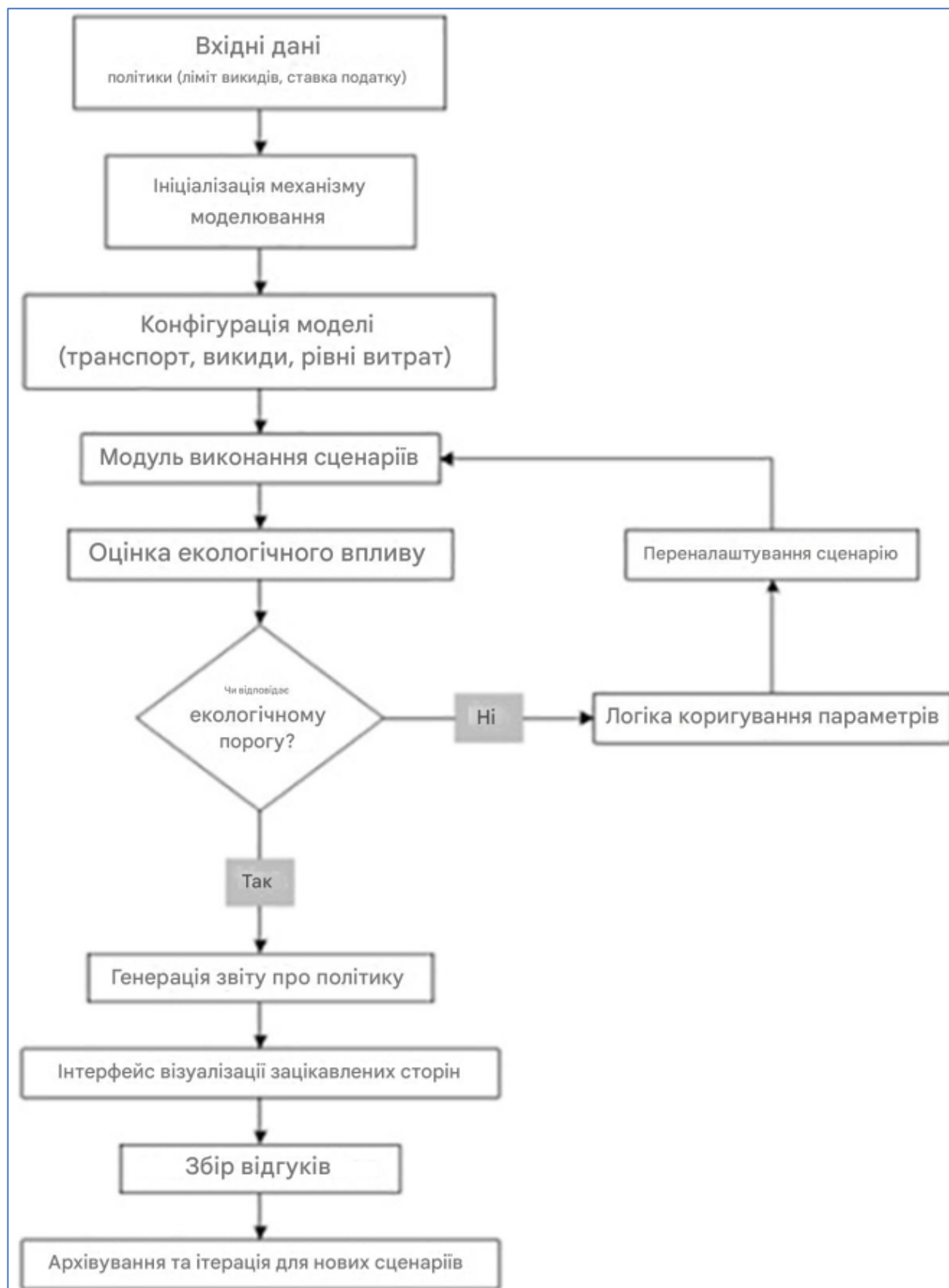


Рис. 3.6 Робочий процес моделювання логістичної політики на віртуальній платформі (зразок розроблено автором)

Оптимізація логістичних процесів на основі аналізу даних

Для підтримки систематичної інтеграції екологічних показників, як показано на рис. 3.7, авторами [165] було застосовано стратегію гетерогенного об'єднання даних з кількох джерел. Історичні транспортні записи та кліматичні дані були доповнені журналами транскордонної логістики, перевіреними за допомогою блокчейну, та показниками споживання енергії в режимі реального часу, зібраними датчиками Інтернету речей, включаючи температуру, вібрацію та паливну ефективність. Ці набори даних разом побудували динамічний граф логістичних знань. Під час попередньої обробки даних було застосовано диференціальний захист конфіденційності для анонімізації конфіденційної бізнес-інформації, зберігаючи при цьому просторово-часові кореляції екологічних показників, таких як вуглецевий склад та щільність енергії. Кластерний аналіз використовував покращену просторову кластеризацію додатків на основі щільності з шумоізоляційною рекурентною одиничною гібридною моделлю, яка інтегрувала часові ознаки для виявлення екологічних гарячих точок у транспортних вузлах. Асоціативний аналіз правил був поширений на мультимодальні дані за допомогою алгоритму GraphSAGE, що дозволило виявити приховані ланцюги екологічних втрат, такі як кореляції між операціями високоенергетичних складів та певними транспортними маршрутами.

Такий структурований підхід забезпечив методологічну точність, узгодивши експериментальні плани з багатовимірними викликами оптимізації сталої логістики, водночас надаючи практичні поради політикам та фахівцям галузі.

Отже, швидке розширення міжнародної торгівлі логістичними послугами, хоча й життєво важливе для глобальної економічної інтеграції, посилює екологічну деградацію через збільшення викидів вуглецю, виснаження ресурсів та навантаження на екосистеми. В даному параграфі розглянуто проблему гармонізації ефективності логістики з екологічною стійкістю, проблему, що посилюється обмеженнями традиційних методів оптимізації та

фрагментованими регуляторними рамками. Інтегруючи комп'ютерні технології з механізмами екологічного управління, постає потреба в узгодженні операційних потреб з планетарними межами.

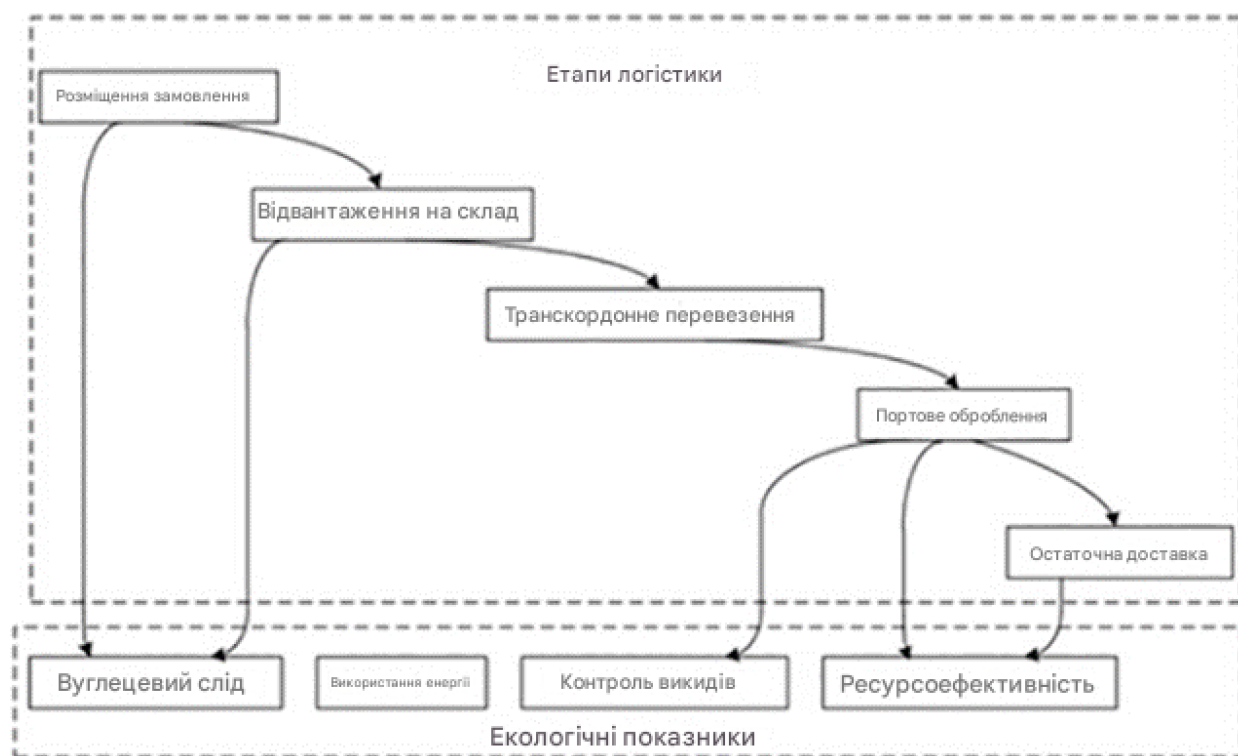


Рис. 3.7. Зв'язок екологічних показників з етапами в логістичних послугах
[165]

Разом ці результати можуть перетворити сталу логістику з теоретичного прагнення на практичну реальність, позиціонуючи її як наріжний камінь глобальних стратегій вуглецевої нейтральності. Майбутні зусилля повинні пріоритезувати стандартизацію екологічних показників, стійкість до геополітичних потрясінь та демократизацію зелених технологій для забезпечення справедливого прогресу до стійких торговельних екосистем.

3.3. Оцінка привабливості регіональних логістичних систем з врахуванням факторів сталого розвитку на основі гравітаційного моделювання

Регіональна логістика стала ключовим напрямком логістичного планування. В даний час логістика не тільки обмежується розвитком одного вузла, але також підкреслює регіональність процесу розвитку логістики, а також рушійну силу кожного вузла для розвитку логістики периферійних вузлів. Регіональна логістика відноситься до важелів економічної потужності та масштабу центрального міста. Враховуючи масштаби логістичного «випромінювання» на навколишні міста, регіональна логістика здійснює економічну, політичну та природну логістичну діяльність у «радіаційній зоні». Сучасні комунікаційні технології, спосіб транспортування, швидкість транспортування та побудова логістичної інфраструктури сприяють прискоренню розвитку регіональної логістики.

Швидкий розвиток регіональної логістики може краще усвідомити масштаби регіональної економіки, посилити обмін і взаємодію між міськими агломераціями та краще сприяти розвитку міських агломерацій.

Регіональна економіка та міська агломерація є центром розвитку і в Україні. За роки незалежності вплив міських агломерацій на економічний розвиток регіонів тільки посилювався та зміцнював комплексні функції обслуговування в регіонах України. Можливості логістичного обслуговування, як окремої галузі, мають важливий вплив на всю функцію регіонального обслуговування. Під впливом розвитку міської агломерації, щоб зробити розвиток регіональної логістики кращим і швидшим, держава запроваджує відповідні політики сталого розвитку, які можуть бути представлені економічними, соціальними та екологічними факторами. Таким чином, держава сподівається вказати напрямок розвитку регіональної логістики через політичний контроль і керівництво. Безсумнівно, така політика безпосередньо впливає на напрямок розвитку регіональної логістики. Втім, на даний час немає досліджень, які б

підтверджували кількісний вплив політики держави на дослідження регіональної логістичних систем за допомогою гравітаційної моделі.

Побудова розумної логістичної мережі є запорукою розвитку регіональної логістичних систем. Вибір регіональних вузлів логістичної мережі та визначення охоплення вузлів є ключовими кроками компонування логістичної мережі. У даному дослідженні вимірювання вузлової сили тяжіння є важливим при вивченні покриття вузлів. За допомогою вдосконаленої моделі гравітації аналізується вулова зміна гравітації.

Модель гравітації виникла з гравітації Ньютона і з неї отримала подальший розвиток. Ця модель поступово застосовувався в багатьох сферах, в тому числі в економічних дослідженнях. Відповідні дослідження з'явилися з 1948 року. В роботі Стюарта [143] вперше висунуто концепцію гравітаційної моделі, а Ян Тінберген вперше запропонував торгіву гравітаційну модель [148]. У роботі [14] на основі гравітаційної моделі здійснено оцінку потенціалу регіональної конкурентоспроможності. Роботу [13] присвячено прогнозуванню характеристик просторового розподілу грошових доходів населення на основі гравітаційної моделі. У подальшому розвитку гравітаційна модель була застосована до багатьох об'єктів економічних досліджень. Серед них торгівля, просторові зв'язки між містами та дослідження, пов'язані з логістикою, є наймасштабнішими.

Зокрема, у сфері дослідження торгівлі Галло та інші [98] досліджували параметричну та непараметричну моделі тяжіння торгівлі та перевіряли торговельну ситуацію на прикладі Італії та Світової економічної зони. Чжао і Лін [167] вивчали ситуацію в торгівлі сільськогосподарською продукцією між Китаєм і 10 країнами ASEAN. Раджеш [134] використовував гравітаційну модель для вивчення впливу Великої рецесії на економіку Індії. У галузі дослідження міського простору Фотерінгем [97] та інші науковці використовували гравітаційну модель для вивчення конкуренції та агломерації міст.

У галузі логістичних досліджень Дуанму та інші [89] використали комбіновану гравітаційну модель для вивчення проблеми координації

регіональної логістики, яка забезпечувала новий метод оцінки регіональної логістичної співпраці через генетичний алгоритм для дослідження розподілу вантажів. У аналізі логістичної мережі Пуертас та інші [133] використовували гравітаційну модель для оцінки індексу продуктивності логістики, щоб оцінити вплив логістики на конкурентоспроможність європейського експорту. Інші автори застосовували конструкт гравітаційної моделі для вивчення: дизайну мережі зелених насаджень; інтенсивності логістичних зв'язків внутрішньої регіональної логістики; структури логістичної мережі регіону. Отримані результати дослідження логістичної мережі на основі побудови гравітаційної моделі використовуються для побудови та аналізу регіональної логістичної мережі з різних точок зору та для різних регіонів. Ці дослідження показують, що модель гравітації може бути використана для вимірювання тяжіння регіональної логістики.

В аспекті вдосконалення гравітаційної моделі працювали: автори праці [155], які використали покращену гравітаційну модель для дослідження неупорядкованої дифузії зображення під час вивчення проблеми шифрування зображення; в роботі [154] було «переписано відстань» у гравітаційній моделі, щоб зробити гравітаційну модель більш придатною для прогнозування очікуваного вантажопотоку на лайнерних маршрутах.

У багатьох дослідженнях на основі гравітаційної моделі регіональна логістична мережа будується та аналізується з різних точок зору та з різних регіонів. Науковці сформували гравітаційну модель з мікротеоретичною основою через модель загальної рівноваги, а потім використали її для вимірювання торгових витрат. Також під час удосконалення гравітаційної моделі дослідники замінили «відстань» на «якість», щоб зробити гравітаційну модель більш відповідною фактичній ситуації досліджуваної проблеми.

З вищенаведеного випливає, що відповідні дослідження гравітаційної моделі є масштабними та глибокими, від теоретичних досліджень до практичного застосування, від галузі фізики до галузі економіки, а потім до сфери логістики. Незалежно від того, які галузі проводили поглиблені

дослідження моделі гравітації та деталізували теорію, цей випадок показовий. Застосування традиційної моделі гравітації дійсно дуже широке. У вдосконаленні традиційної моделі гравітації, незалежно від «якості» чи «відстані», є певний ступінь покращення. Однак недоліки попередніх досліджень полягають у тому, що коли йдеться про фактори, пов'язані з станом, більшість із них використовує метод додавання аналізу стану до аналізу остаточного висновку чи контрзаходів. Наприклад, при вивченні гравітаційної моделі, пов'язаної з регіональною логістикою, політичний вплив, планування сталого розвитку, навіть природний стан часто додаються до моделі як контрзаходи та пропозиції. Однак цей підхід не може точно виміряти конкретний вплив політики та інших факторів.

У цьому дослідженні, з точки зору регіональної логістики, при вдосконаленні гравітаційної моделі, ризик-фактори додаються до гравітаційної моделі як коефіцієнти, щоб зробити їх кількісним індексом для впливу на привабливість вузлової логістики, а потім перевіряється ефективність покращеної моделі. Далі проаналізовано причини вдосконалення гравітаційної моделі та переваги впровадження ризик-факторів. Також представлено традиційну та вдосконалену моделі, на основі яких проведено емпіричний аналіз на прикладі регіонів України. Нарешті, проаналізовано вплив ризик-факторів на регіональні логістичні вузли після зміни привабливості логістики та сформовано обґрунтовані пропозиції щодо застосування вдосконаленої моделі.

Відповідно до Стратегії сталого розвитку України до 2030 року [16] з метою забезпечення збалансованості економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку України держава виступає за розвиток міської агломерації, щоб сприяти розвитку більшої кількості міст і прилеглих територій, і запровадила велику кількість політик для сприяння та прискорення розвитку міської агломерації. Таким чином, в цьому випадку політика економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку вплине на поточний і майбутній розвиток регіональної логістики. У багатьох наукових дослідженнях її аналізували як якісний фактор. Але тоді проблема полягає в неможливості

оцінити конкретний вплив такої політики на регіональні логістичні вузли. Наприклад, вузол h на рис. 3.8 є лише вузлом, але під впливом політики економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку він може стати таким самим вузлом-центром, як m і k . Тоді логістична привабливість між вузлами, суміжними з h , зміниться, і можуть з'явитися нові вузли, залучені для формування нового логістичного кола, як показано на рис. 3.9.

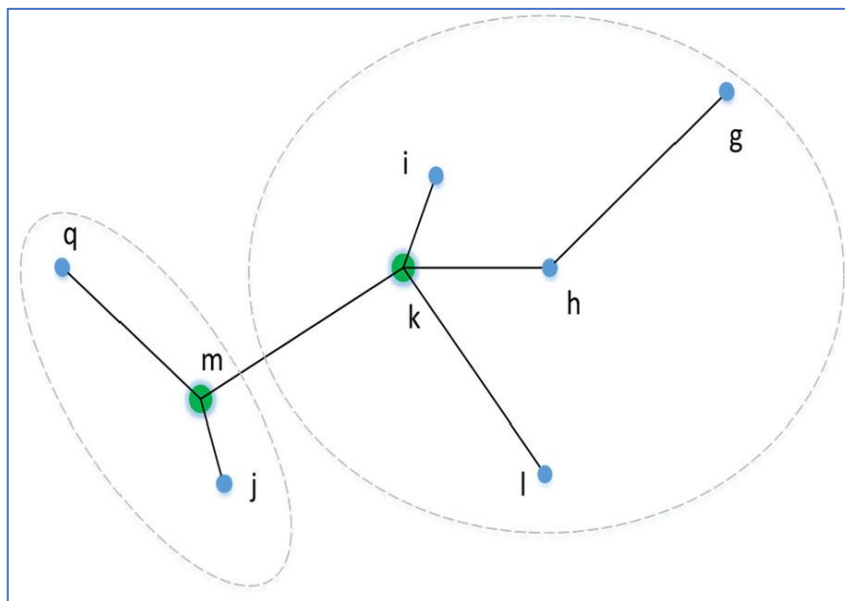


Рис. 3.8. Проста схема регіональної логістичної мережі (розроблено автором)

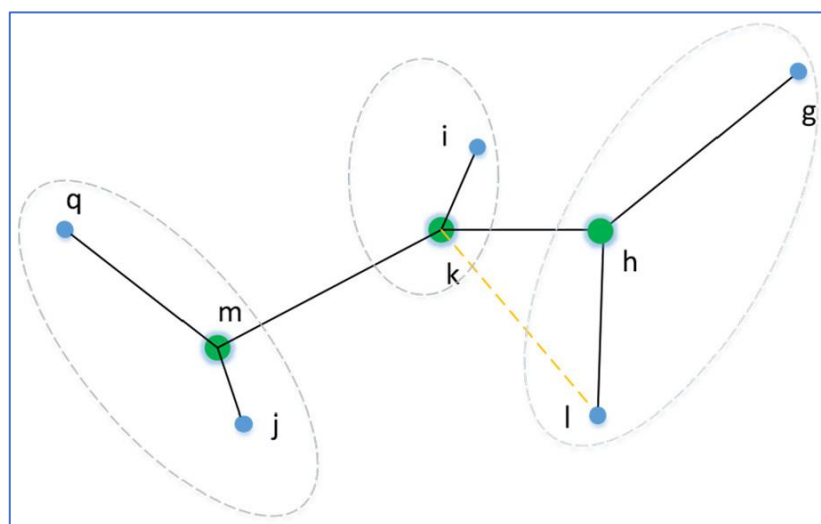


Рис. 3.9. Проста схема регіональної логістичної мережі під впливом політики економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку (розроблено автором)

До цієї зміни важко дійти за допомогою тільки якісного аналізу.

У попередніх дослідженнях вдосконалення гравітаційної моделі в основному базувалося на двох аспектах: один — змінити «якість», інший — змінити «відстань». Політику економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку як фактор впливу важко ввести в «якість» або «відстань». Тому рішенням науковців було провести якісний аналіз факторів політики, а не кількісний аналіз. Цей підхід не дозволяв точно визначити ступінь впливу політики економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку на формування регіональних логістичних систем.

Враховуючи вищезазначені проблеми, це дослідження спрямоване на врахування факторів політики економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку як коефіцієнтів до гравітаційної моделі, щоб мати можливість проаналізувати розвиток регіональної логістики в період основного впливу факторів політики. Також це дозволить здійснити прогнозування майбутнього напрямку розвитку регіональної логістики в середньостроковій або навіть довгостроковій перспективі.

Гравітаційна модель. Модель гравітації — це модель просторової взаємодії, заснована на класичній формулі гравітації Ньютона. Як зазначалося вище, дана модель широко використовується для прогнозування здатності просторової взаємодії. У регіональній логістиці логістичне місто-хаб матиме гравітаційний вплив на логістичне місто-вузол, і в процесі розвитку логістичне місто-хаб постійно залучатиме пов'язані галузі, що збираються навколо міста, виробляють певну «радіаційну силу» та мають певний «радіаційний вплив» на навколишній вузол логістичного міста. Формула (3.1) є основною формою гравітаційної моделі:

$$M_{ij} = K \frac{Y_i Y_j}{D_{ij}} \quad (3.1)$$

де K є константою (також називається гравітаційним коефіцієнтом), Y_i і Y_j є ендогенними змінними, D_{ij} - це просторова відстань.

В даному дослідженні аналізуємо регіональні логістичні системи. Таким чином, основні припущення та конкретизація моделі базуються на регіональних логістичних системах.

Гіпотеза 1: Припустимо, що відомо розташування всіх вузлових міст.

Гіпотеза 2: На основі гравітаційної моделі гравітаційне тяжіння між містами можна визначити розміром міста та просторовою відстанню. Щоб вивчити гравітацію міжміської логістики, у цьому дослідженні визначено ендегенну змінну Y як добуток обсягу міжрегіональних вантажів Q на обсяг ВВП P , D_{ij} як відстань між містом i та містом j , коефіцієнт сили тяжіння K зазвичай приймається за 1, тому логістичну гравітаційну модель можна переписати наступним чином:

$$I_{ij} = \frac{Q_i * P_i * Q_j * P_j}{D_{ij}^2} \quad (3.2)$$

Відповідно до формули 3.2, логістичну силу тяжіння між двома містами регіональної логістичної системи можна розрахувати шляхом отримання відповідних даних. Перш ніж аналізувати приблизний радіаційний діапазон центрального міста, використовуються інші методи для визначення рівня міста регіональної логістичної системи, такі як аналіз головних компонентів, факторний аналіз, TOPSIS тощо. Після визначення центрального міста необхідно з'ясувати обсяги логістики інших міст. Крім того, так можна визначити загальну структуру мережі регіональної логістичної системи.

Вдосконалена гравітаційна модель. Виходячи з Стратегії сталого розвитку України до 2030 року [16] з метою забезпечення збалансованості економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку України, зі збільшенням впливу національної політики на регіональну логістику, під час вимірювання тяжіння регіональних логістичних вузлів лише врахування даних, пов'язаних з розвитком логістики, призведе до того, що реальні результати вимірювання тяжіння не відповідатимуть фактичному розвитку регіональної логістики. Тому сформовано гіпотезу 3, яка стосується впливу політичного середовища забезпечення збалансованості економічного, соціального та

екологічного вимірів сталого розвитку в рамках забезпечення цілі 9 Стратегії [16] «Створення стійкої інфраструктури».

Гіпотеза 3: розвиток регіональної логістичної системи має значний зв'язок із політикою, і реакція кожного регіону на політику не є часовою затримкою, тобто, коли політика вводиться в дію, залучені регіони можуть реагувати одночасно.

Розвиток регіональної логістичної системи залежить від розвитку міського кластеру. Розвиток міст у міському кластері має багато впливів. В рамках забезпечення цілі 11 Стратегії [16] «Забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст, інших населених пунктів» та враховуючи, що майбутній розвиток та відносини між містами не є просто фізичною відстанню, сформована гіпотеза 4.

Гіпотеза 4: у певному регіоні міста з порівнянним рівнем економічного розвитку менше перешкоджають сполученню між двома місцями через часті потоки людей і матеріалів.

Покращена гравітаційна модель полягає в наступному:

$$I'_{ij} = \left(1 + \sum_{k=1}^m \beta_k \alpha_i^k \alpha_j^k\right) \frac{Q_i * P_i * Q_j * P_j}{D_{ij}^2} \quad (3.3)$$

$$\sum_{k=1}^m \beta_k \alpha_i^k \alpha_j^k \in \forall \quad (3.4)$$

$$\sum_{k=1}^m \beta_k = 1 \quad (3.5)$$

Індикатори пояснюються наступним чином:

i, j представляють вузлові міста в регіональній логістичній системі, $i, j \in n$;

n - кількість вузлових міст у регіоні;

α_{ik} - це ступінь впливу політики k на місто i , і α_{jk} - те саме;

β_k - це вага політики k ;

m - низка політик, які впливають на розвиток регіональної логістичної системи;

Q_i – обсяг вантажів регіональної логістичної системи i , і Q_j - те саме.

P_i - ВВП регіональної логістичної системи i , і P_j - те саме.

Стан української логістики. Попри виклики повномасштабного вторгнення логістична галузь демонструє стійкість. Логістичні компанії відновлюють втрачені позиції та продовжують розбудовувати свій бізнес в Україні.

Українські логістичні компанії оговтуються після стрімкого падіння обсягів перевезень у перші місяці повномасштабного вторгнення. Про це, серед іншого, свідчить позитивна динаміка обсягів вантажних перевезень за останні два роки. За даними Державної служби статистики України [22], за березень-грудень 2023 року всіма видами транспорту перевезено 282,4 млн тонн вантажів, тоді як за аналогічний період 2022 року – лише 231,1 млн тонн. Тож маємо 22 % загального зростання. Помісячно приріст становив від 17 % до 30 %. Звісно, обсяги перевезень лишалися істотно меншими за довоєнний рівень, проте зберігалася позитивна динаміка показників.

У 2024 році позитивний «вантажний» тренд зберігається. Це наочно демонструють результати роботи основного сегменту перевезень вантажів – залізниці, на яку традиційно перепадає близько половини загального обсягу вантажоперевезень в Україні. За даними АТ «Укрзалізниці» [1], за перші п'ять місяців поточного 2024 року вантажні перевезення залізничними шляхами збільшилися на 30 % порівняно з показниками минулого року. Таку відчутну динаміку забезпечує насамперед обслуговування потреб експортерів. Тут зростання сягає 57 %. У січні-травні 2024 року залізницею перевезено 75,4 млн. тонн вантажів, із яких 38 млн. тонн призначалися на експорт [1]. Залізниця вже перевозить дві третини вантажів від показника довоєнного рівня.

За офіційною статистикою, багато провідних логістичних компаній, що спеціалізуються на експедиції вантажів, організації перевезень та обробці вантажів, останнім часом активно нарощують оберти. Зокрема, 9 із 10 найбільших операторів за цим напрямом на вітчизняному ринку вдалося в 2023 році збільшити виручку (код КВЕД 52.29, за даними YouControl [162]). Яскравим прикладом може слугувати «Перша логістична компанія», яка зосередилася на перевезенні зерна і збільшила виручку за рік у понад два рази. У той же час

виручка «Нової пошти» за 2023 рік збільшилася на 54 %, ТОВ «Метінвест-Шіппінг» – на 25 %, а ТОВ «Промвагонтранс», що входить до складу ТОВ «УкрАгроХолдинг» – на 31 % [162]. «9 із 10 найбільших операторів із експедиції та обробки вантажів, організації перевезень збільшили виручку в 2023 році – YouControl» [162].

Усі види перевезень вантажів, окрім авіаційних, успішно адаптуються до нових реалій і відновлюються. Це стосується і автомобільних, і залізничних, і морських перевезень. Така адаптивність сприяє розвитку української логістики і загалом – економіці країни. У експертному середовищі вже навіть обговорюється перспектива відкриття авіасполучення в Україні, щоправда, поки що лише на більш безпечному заході країни. Про це у коментарях авторам публікації зазначають, зокрема, компанії Meest China та ZAMMLER [19].

Водночас експерти наголошують на підвищенні важливості наземних перевезень. Особливу роль при цьому логістичні компанії надають автомобільним перевезенням, дехто навіть називає їх ключовими у транспортному комплексі. Відзначають фахівці й високу динаміку розвитку автоперевезень в Україні. «Автотранспорт наразі розвивається найбільше», – запевняє CEO Meest China Михайло Лимар [19]. Звертають увагу транспортники також на високу здатність автоперевезень адаптуватися до обставин. Наприклад, у відповідь на блокування польських кордонів перевізники спрямували автомобілі з товаром через кордони інших країн або перейшли на використання автомобілів меншого тоннажу, які пропускали під час блокади кордону.

Застосування гравітаційної моделі (формула 3.2). Згідно з фактичним розвитком української логістики, транспортування в основному здійснюється автомобільним транспортом, тобто просторова відстань між вузловими містами враховує лише транспортування по шосе. Величина логістичної привабливості прямо пропорційна логістичній конкурентоспроможності між двома міськими вузлами та обернено пропорційна відстані між містами. Користуючись таблицею відстаней між головними містами України [65] (додаток Б, табл. Б.1), отримано

відстань між логістичними вузлами та містами D_{ij}^2 . За даними Державної служби статистики України [22] визначено обсяг перевезених вантажів автомобільним транспортом регіональної логістичної системи (області), в тис. т, Q_{ij} і валовий регіональний продукт, в млн. грн., P_{ij} . Дані взято за останній передвоєнний 2021 рік (Додаток Б, табл. Б.2). Результат логістичного залучення I_{ij} між регіональними логістичними системами обчислено за формулою (3.2) (Додаток Б., табл. Б.3). Кожна регіональна логістична система віднесена до одного з рівнів: дуже сильна гравітація, сильна гравітація, середня гравітація, слабка гравітація та дуже слабка гравітація (Додаток Б., табл. Б.3). В табл. 3.3 наведено зведену класифікацію логістичної привабливості областей України.

Таблиця 3.3

Класифікація логістичної привабливості областей України(розроблено автором) [3,26]

Рівень гравітації	Діапазон змін I_{ij}	Області
Дуже сильна	>500	Донецька-Дніпропетровська, Запорізька-Дніпропетровська, Київська-Вінницька, Київська-Дніпропетровська, Київська-Донецька, Київська-Житомирська, Київська-Кіровоградська, Київська-Львівська, Київська-Одеська, Київська-Полтавська, Київська-Харківська, Київська-Черкаська, Київська-Чернігівська, Полтавська-Дніпропетровська, Харківська-Дніпропетровська
Сильна	100-500	Запорізька-Донецька, Київська-Івано-Франківська, Київська-Волинська, Київська-Миколаївська, Київська-Рівненська, Київська-Сумська, Київська-Хмельницька, Київська-Запорізька, Кіровоградська-Дніпропетровська, Львівська-Івано-Франківська, Миколаївська-Дніпропетровська, Одеська-Дніпропетровська, Одеська-Миколаївська, Харківська-Донецька, Харківська-Полтавська, Черкаська-Дніпропетровська
Середня	75-100	Львівська-Дніпропетровська, Львівська-Волинська, Полтавська-Донецька, Тернопільська-Київська, Тернопільська-Львівська
Слабка	50-75	Дніпропетровська-Вінницька, Харківська-Запорізька, Херсонська-Дніпропетровська, Херсонська-Київська, Херсонська-Миколаївська, Черкаська-Кіровоградська, Хмельницька-Вінницька, Хмельницька-Львівська, Чернігівська-Дніпропетровська
Дуже слабка	<50	всі інші області

Наведена табл. 3.3 є результатом застосування традиційної гравітаційної моделі (формула 3.2). З неї видно, що до регіонів з дуже сильною логістичною гравітаційною привабливістю (значення I_{ij} більше 500) віднесено усі області у взаємодії з Київською обл., а точніше зі столицею України м. Київ, що свідчить про сильну агломераційну та економічну залежність міст та областей країни від її центру. Також до дуже сильного рівня гравітації віднесено міжрегіональні взаємодії міст-мільйонників та основних промислових центрів країни: Донецька-Дніпропетровська, Запорізька-Дніпропетровська, Полтавська-Дніпропетровська, Харківська-Дніпропетровська.

За рівнем «сильна гравітація» (значення I_{ij} від 100 до 500) класифікація привабливості міжрегіональних взаємодій пояснюється логістичними зв'язками: периферії з центром (Київська-Івано-Франківська, Київська-Волинська, Київська-Миколаївська, Київська-Рівненська, Київська-Сумська, Київська-Хмельницька, Київська-Запорізька); великих за площею регіонів та основних промислових центрів країни (Запорізька-Донецька, Кіровоградська-Дніпропетровська, Одеська-Дніпропетровська, Одеська-Миколаївська, Харківська-Донецька, Харківська-Полтавська, Черкаська-Дніпропетровська); також до цього рівня попали регіони-сусіди, тіснота взаємодії яких спричинена географічною ознакою (Львівська-Івано-Франківська, Кіровоградська-Дніпропетровська, Миколаївська-Дніпропетровська, Одеська-Миколаївська, Харківська-Донецька, Харківська-Полтавська).

Регіони з середнім рівнем гравітації (значення I_{ij} від 75 до 100) включають області (Львівська-Дніпропетровська, Львівська-Волинська, Полтавська-Донецька, Тернопільська-Київська, Тернопільська-Львівська), через які проходять основні автомобільні шляхи України зі сходу на захід країни - траси E40/M03, E40/M06, E50/M12.

Області, в яких рівень гравітації «слабкий» (значення I_{ij} від 50 до 75) – це Дніпропетровська-Вінницька, Харківська-Запорізька, Херсонська-Дніпропетровська, Херсонська-Київська, Херсонська-Миколаївська, Черкаська-

Кіровоградська, Хмельницька-Вінницька, Хмельницька-Львівська, Чернігівська-Дніпропетровська. Сюди здебільшого попали міжрегіональні взаємодії сільськогосподарських регіонів України.

До регіонів з дуже слабкою логістичною привабливістю взаємодії (значення I_{ij} менше 50) віднесено всі інші, причому варто відмітити, що рівень взаємодії між цими областями здебільшого коливався між 0 та 10.

Застосування вдосконаленої гравітаційної моделі (формула 3.3). Щоб перевірити важливість вдосконаленої гравітаційної моделі, у цьому дослідженні вибрано політику Стратегії сталого розвитку України до 2030 року [16] з метою забезпечення збалансованості економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку України. Попри складні умови (від прийнятних умов функціонування у 2021 році до повної зупинки в екстреному режимі морських та авіаційних перевезень у 2022 році) ринок логістики в Україні демонструє динамічний розвиток і здатність адаптуватися до викликів, зумовлених війною, економічними змінами і глобальними тенденціями [47-48]. Українська логістика виявилася стійкою до зовнішніх викликів і продовжує динамічно розвиватися. Тому забезпечення збалансованості економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку України залишаються актуальними, не зважаючи на усі виклики і базуються в тому числі на стійкості української логістики до зовнішніх загроз і здатності забезпечити безперервність бізнесу. Беручи до уваги розвиток регіональної логістики, як ризик-фактори політики сталого розвитку вибрано три основні політики, пов'язані з транспортуванням і логістикою:

α_1 – економічний ризик-фактор політики сталого розвитку. Як відомо, збільшення економічного обсягу є основою економічного розвитку. З іншого боку, розвиток високої якості робить наголос на якості економічного розвитку. Однак це не означає, що галузь логістики повинна повністю відмовитися від масштабу, а шукати більш якісний розвиток на основі конкретного масштабу. Тобто регіональна логістична система сприяє «кількості», щоб рівень логістичної галузі зростав «розумно». Для виміру економічного ризик-фактору політики

сталого розвитку як масштабу кількості (або збільшення обсягу логістичного бізнесу) використано показники вантажообігу автомобільного транспорту (тис.ткм), обсягу перевезених вантажів автомобільним транспортом (тис. т), площі областей (кв. км) (Додаток Б, табл. Б5). На їх основі розраховано коефіцієнт завантаженості вантажопотоком на 1 кв. км площі регіону як відношення вантажообігу до добутку обсягу перевезених вантажів та площі області (табл. 3.4).

α_2 – соціальний ризик-фактор політики сталого розвитку. Високоякісний економічний розвиток включає не лише економічні ефекти, створені самою галуззю, але й соціальні, культурні та інші непрямі ефекти, породжені розвитком галузі. Розвиток галузі логістики покликаний не лише створити можливості для оподаткування та працевлаштування в самій галузі, але й підтримувати пов'язані галузі. Для регіональної логістичної системи це означає, що пов'язаним галузям можна надавати більш ефективні та зручні логістичні послуги, таким чином підвищуючи ефективність виробництва та знижуючи витрати на логістику пов'язаних галузей. Крім того, якщо робити акцент лише на розвитку самої галузі і нехтувати потребами людей, то такий розвиток також буде неякісним. Отже, об'єктивна оцінка рівня та привабливості регіональної логістичної системи має ґрунтуватися на важливому критерії того, чи покращує він життя людей. Для визначення соціального ризик-фактору політики сталого розвитку обрано показники пасажирообігу автомобільного транспорту (тис. пас.км), кількості перевезених пасажирів автомобільним транспортом (тис. пас.), площі областей (кв. км) (Додаток Б, табл. Б5). На їх основі розраховано коефіцієнт завантаженості пасажиропотоком на 1 кв. км площі регіону як відношення пасажирообігу до добутку кількості перевезених пасажирів на площу області (табл. 3.4).

α_3 – екологічний ризик-фактор політики сталого розвитку. Екологічний фактор ризику відображає рівень «зеленого розвитку», який кваліфікується як суть і ядро високоякісного розвитку. Тому зростання, яке переслідує суто економічні агрегати, ігноруючи захист навколишнього середовища, є

низькоякісним і від нього слід відмовитися. Швидке зростання логістичної галузі країни відбувається за рахунок споживання енергії та погіршення сталого середовища існування. Парникові гази, такі як вуглекислий газ, що викидаються внаслідок споживання енергії, завдають значної шкоди навколишньому середовищу. Таким чином, регіональна логістична система має захищати екологічне середовище, від епохи «чорного розвитку» до «зеленого розвитку». Крім того, сприйняття зеленого розвитку, як одного з основних постулатів політики Стратегії сталого розвитку України до 2030 року [16], є важливою вимогою для логістичної галузі для реалізації основних цілей Стратегії. Для виміру екологічного ризик-фактору політики сталого розвитку використано показники кількості викидів забруднюючих речовин (тонн), поточних витрат на охорону навколишнього природного середовища (тис. грн.), площі областей (кв. км) (Додаток Б, табл. Б5). На їх основі розраховано коефіцієнт навантаженості екологічних витрат на 1 кг викидів на 1 кв. км площі регіону як відношення кількості викидів забруднюючих речовин до добутку поточних витрат на охорону навколишнього природного середовища на площу області (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Розрахунок ризик-факторів політики сталого розвитку у 2021 році
(обчислено на основі [22])

Область	Коефіцієнт завантаженості вантажопотоком на 1 кв. км площі	Коефіцієнт завантаженості пасажиропотоком на 1 кв. км площі	Коефіцієнт навантаженості екологічних витрат на 1 кг викидів на 1 кв. км площі
Вінницька	0,0071	0,0006	0,0002
Дніпропетровська	0,0026	0,0007	0,0026
Донецька	0,0012	0,0004	0,0010
Житомирська	0,0094	0,0006	0,0002
Запорізька	0,0062	0,0005	0,0014
Івано-Франківська	0,0097	0,0010	0,0012
Київська*	0,2718	0,0170	0,0232
Кіровоградська	0,0043	0,0005	0,0003
Луганська	0,0083	0,0005	0,0010
Волинська	0,0201	0,0015	0,0006
Львівська	0,0160	0,0008	0,0005
Миколаївська	0,0069	0,0008	0,0007
Одеська	0,0060	0,0010	0,0002

Область	Коефіцієнт завантаженості вантажопотоком на 1 кв. км площі	Коефіцієнт завантаженості пасажиропотоком на 1 кв. км площі	Коефіцієнт навантаженості екологічних витрат на 1 кг викидів на 1 кв. км площі
Полтавська	0,0075	0,0007	0,0005
Рівненська	0,0177	0,0007	0,0010
Сумська	0,0187	0,0003	0,0008
Тернопільська	0,0151	0,0012	0,0001
Закарпатська	0,0539	0,0016	0,0006
Харківська	0,0073	0,0005	0,0005
Херсонська	0,0107	0,0007	0,0002
Хмельницька	0,0083	0,0006	0,0004
Черкаська	0,0133	0,0005	0,0002
Чернівецька	0,0425	0,0041	0,0010
Чернігівська	0,0194	0,0004	0,0005

* Київська обл. разом з м. Київ

Вплив цих трьох політик на регіональні логістичні системи в країні є прямим і очевидним. Не було обрано жодної політики, пов'язаної лише із загальним плануванням і будівництвом регіональної логістики в країні. У кожній політиці є позиціонування та планування для різних областей, через врахування їх логістичної спроможності (вантажобігу та пасажиропотоку), екологічних витрат та географічних особливостей (площі областей). Це може краще кількісно визначити вплив кожної політики на області країни, роблячи результати ближчими до реальності.

Згідно формули 3.3, спочатку кількісно оцінюються відповідні політики, а потім визначаються ваги кожної політики. Загальна вага усіх політик (їх ризик-факторів) дорівнює 100:

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 100\% \quad (3.6)$$

Традиційно вагові коефіцієнти розраховуються експертним методом. Тобто формується група експертів, обізнаних в досліджуваних питаннях, складаються анкети для опитування, проводиться саме опитування, визначається ступінь узгодженості думок експертів, розраховуються вагові коефіцієнти політик тощо. Оскільки у воєнний час для визначення питомої ваги кожної з політик використати якийсь з методів експертного оцінювання є доволі важко, то в даному дослідженні було використано такі підходи:

1. Ризик-фактори політики сталого розвитку вважалися рівновагомими, тобто:

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 1/3 \quad (3.7)$$

2. Вагові коефіцієнти ризик-факторів політики сталого розвитку було визначено на основі кореляційних відношень $r_k(X_{ij}^k; \Delta I_{ij}^{policy})$, де $X_{ij}^k = \alpha_i^k \alpha_j^k \times \frac{Q_i * P_i \times Q_j * P_j}{D_{ij}^2}$ та $\Delta I_{ij}^{policy} = I'_{ij} - I_{ij}$, де I'_{ij} визначено попередньо з рівновагомими коефіцієнтами β_k . Оскільки розраховані кореляційні відношення в сумі можуть перевищувати 1, то взято їх питому вагу. Тобто вагові коефіцієнти ризик-факторів політики сталого розвитку рівні:

$$\beta_k = \frac{r_k(X_{ij}^k; \Delta I_{ij}^{policy})}{\sum_{k=1}^m r_k(X_{ij}^k; \Delta I_{ij}^{policy})} \quad (3.8)$$

Перший підхід. За результатами використання формули 3.7 розраховано рівень привабливості регіональних логістичних систем I'_{ij} за рівновагомих ризик-факторів політики сталого розвитку (Додаток В, табл. В.6). Далі обчислено відхилення $\Delta I_{ij}^{policy} = I'_{ij} - I_{ij}$ – показник, який відображає вплив ризик-факторів політики сталого розвитку на рівень привабливості регіональних логістичних систем. Як результат (Додаток Б, табл. Б.7), отримано міжрегіональні взаємодії, на які вплив ризик-факторів політики сталого розвитку відсутній ($\Delta I_{ij}^{policy} = 0$); міжрегіональні взаємодії з несуттєвим впливом ризик-факторів ($0 < \Delta I_{ij}^{policy} < 0,03$); міжрегіональні взаємодії із помірним впливом ризик-факторів ($0,03 < \Delta I_{ij}^{policy} < 0,4$); міжрегіональні взаємодії з високим впливом ризик-факторів ($0,4 < \Delta I_{ij}^{policy} < 1,3$); міжрегіональні взаємодії, на які вплив ризик-факторів політики сталого розвитку дуже високий ($\Delta I_{ij}^{policy} > 1,3$).

На рис. 3.10 відображено згруповані регіони за рівнем впливу ризик-факторів політики сталого розвитку від помірного до дуже високого. Варто зауважити, що у ці три групи увійшли міжрегіональні взаємодії Київської обл. (включно з м. Київ) та інших областей України, що ще раз підтверджує

центрозалежність регіональних логістичних систем, в тому числі з врахуванням ризик-факторів політики сталого розвитку.

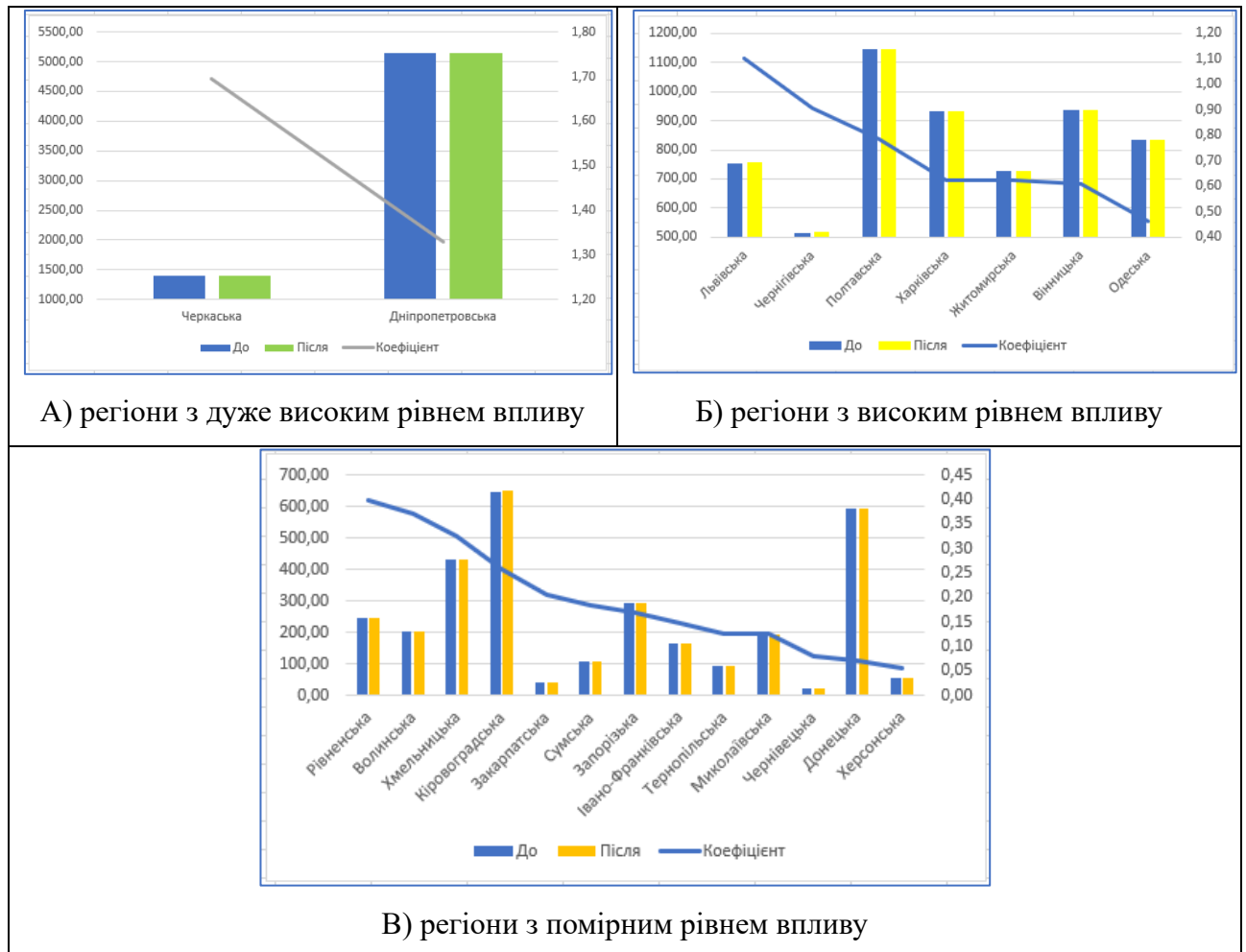


Рис. 3.10. Класифікація регіонів за рівнем впливу ризик-факторів політики сталого розвитку (розроблено автором)

Як видно з рис. 3.10, після застосування ризик-факторів політики сталого розвитку логістична привабливість між цими регіонами в цілому змінилася. Ці зміни в основному торкнулися рівня логістичних вузлів та зміни логістичних каналів у регіональній логістиці. Причини таких змін наступні:

1. Ресурсні переваги і дуже високий вплив ризик-факторів політики сталого розвитку. До групи з дуже високим рівнем сукупного впливу ризик-факторів політики сталого розвитку (коефіцієнт більше $\Delta I_{ij}^{policy} > 1,3$) віднесено міжрегіональні взаємодії Київська-Дніпропетровська та Київська-Черкаська

області (рис. 3.10А). Ця група також характеризується високим рівнем ресурсних переваг. Отже, сам вузол має перевагу ресурсів, а застосовувані політики мають значний вплив на нього. Через відносно великі переваги ресурсів політика робить ці переваги ресурсів більш очевидними, і привабливість цих регіонів очевидно зростає.

2. Ресурсні переваги і високий вплив ризик-факторів політики сталого розвитку. В даному випадку сам вузол має загальну перевагу в ресурсах, але політика має на нього високий вплив. Ці регіони мають власні ресурсні переваги на загальному рівні. Через вплив ризик-факторів політики сталого розвитку ($1,3 > \Delta I_{ij}^{policy} > 0.4$), з метою посилення власної логістичної привабливості, логістичний зв'язок між ними та деякими регіонами з ресурсними перевагами збільшився (рис. 3.10Б).

3. Ресурсні переваги незначні і помірний вплив ризик-факторів політики сталого розвитку. На рис. 3.10В ресурсні переваги самих вузлів, як правило, менші, а вплив політики неочевидний. Переваги цих регіонів неочевидні, навіть якщо запровадити покращену гравітаційну модель, оскільки показники ризик-факторів політики сталого розвитку невеликі ($0,4 > \Delta I_{ij}^{policy} > 0.03$). Тому їх вплив на зміну логістичної привабливості незначний, навіть з деякими регіонами з очевидними ресурсними перевагами (Київська-Кіровоградська, Київська-Донецька області).

4. Ресурсні переваги незначні і вплив ризик-факторів політики сталого розвитку несуттєвий або відсутній. В цій групі міжрегіональних взаємодій $0,03 > \Delta I_{ij}^{policy} > 0.01$ або $\Delta I_{ij}^{policy} = 0$. Для цих регіонів достатньо використовувати традиційну гравітаційну модель або ж змінювати ризик-фактори політики впливу.

В усіх чотирьох випадках варто зауважити, що обрані ризик-фактори політики сталого розвитку враховують лише позитивні (корисні) аспекти розвитку регіональних логістичних систем, тобто $\sum_{k=1}^m \beta_k \alpha_i^k \alpha_j^k \geq 0$, але в загальному випадку це може бути довільне значення. Деякі регіональні

логістичні системи можуть постраждати від логістичного занепаду через певні ризик-фактори політики сталого розвитку, тобто $\sum_{k=1}^m \beta_k \alpha_i^k \alpha_j^k \leq 0$, що буде знижувати логістичну привабливість регіонів. Наприклад, екологічний ризик-фактор політики сталого розвитку при зменшенні витрат на навколишнє середовище матиме більший сукупний вплив, ніж економічний та соціальний ризик-фактори і, природно, вплине на розвиток логістичної привабливості. Тому протягом даного періоду впливу політики логістична привабливість регіональної логістичної системи буде знижена, і в результаті логістична привабливість інших регіонів може зрости.

Другий підхід передбачає, що вагові коефіцієнти ризик-факторів політики сталого розвитку було визначено на основі кореляційних відношень r_k . Для цього сформовано матрицю вихідних даних для розрахунку кореляційних відношень (Додаток Б, табл. Б.8). В цій матриці в якості X_{ij}^k взято добуток значень кожного ризик-фактору політики сталого розвитку окремо на $\frac{Q_i * P_i \times Q_j * P_j}{D_{ij}^2}$. В результаті отримано $X_{ij}^1, X_{ij}^2, X_{ij}^3$. Далі розраховано I'_{ij} з рівновагомими коефіцієнтами β_k та різницю $\Delta I_{ij}^{policy} = I'_{ij} - I_{ij}$. На основі цих показників розраховано кореляційну матрицю (Додаток Б, табл. Б.9). З даної матриці бачимо, що між показниками економічного та соціального ризик-факторів простежується тісний кореляційний зв'язок ($r_k = 0,843$), та слабкий кореляційний зв'язок між показниками економічного та екологічного ризик-факторів ($r_k = 0,496$), соціального та екологічного ризик-факторів ($r_k = 0,579$). Щодо взаємозв'язку ΔI_{ij}^{policy} з $X_{ij}^1, X_{ij}^2, X_{ij}^3$, тісний кореляційний зв'язок, а, отже, і значний вплив на логістичну привабливість мають економічний ($r_k = 0,999$) та соціальний ($r_k = 0,845$) ризик-фактори, слабкий кореляційний зв'язок і, відповідно, незначний вплив на логістичну привабливість має екологічний ($r_k = 0,500$) ризик-фактор політики сталого розвитку.

За допомогою формули 3.8 розраховано коефіцієнти β_k . Відповідно $\beta_1 = 0,43$, $\beta_2 = 0,36$, $\beta_3 = 0,21$. Далі проведено обчислення показників логістичної

привабливості I'_{ij} з коефіцієнтами β_k , розрахованими за формулою 3.8 (Додаток Б, табл. Б10).

Вплив ризик-факторів політики сталого розвитку за різних β_k на рівень привабливості регіональних логістичних систем визначено за допомогою відхилення $\Delta I_{ij}^{policy} = I'_{ij} - I_{ij}$ (Додаток Б, табл. Б.11). Отримано міжрегіональні взаємодії, на які вплив ризик-факторів політики сталого розвитку відсутній ($\Delta I_{ij}^{policy} = 0$); міжрегіональні взаємодії з несуттєвим впливом ризик-факторів ($0 < \Delta I_{ij}^{policy} < 0,03$); міжрегіональні взаємодії із помірним впливом ризик-факторів ($0,03 < \Delta I_{ij}^{policy} < 0,3$); міжрегіональні взаємодії з високим впливом ризик-факторів ($0,3 < \Delta I_{ij}^{policy} < 0,4$); міжрегіональні взаємодії, на які вплив ризик-факторів політики сталого розвитку дуже високий ($\Delta I_{ij}^{policy} > 0,4$).

На рис. 3.11 відображено згруповані регіони за рівнем впливу ризик-факторів політики сталого розвитку від помірного до дуже високого. Так само, як і в попередньому випадку, у ці групи увійшли області країни у взаємодії з Київською обл. (включно з м. Київ).

Як видно з рис. 3.11, різна вага впливу кожного з ризик-факторів політики сталого розвитку призвела до зміни рівня логістичної привабливості регіонів. До регіонів з дуже високим рівнем впливу і значними ресурсними перевагами увійшли Київська-Дніпропетровська, Київська-Черкаська, Київська-Полтавська, Київська-Львівська та Київська-Чернігівська області. Міжрегіональні взаємодії Київська-Харківська, Київська-Вінницька, Київська-Одеська, Київська-Житомирська, Київська-Кіровоградська, Київська-Хмельницька, Київська-Рівненська, Київська-Волинська увійшли до групи з високим рівнем впливу ризик-факторів та ресурсними перевагами. До регіонів з помірним рівнем впливу та незначними ресурсними перевагами увійшли логістичні міжрегіональні взаємодії Київська-Донецька, Київська-Запорізька, Київська-Миколаївська, Київська-Івано-Франківська, Київська-Тернопільська, Київська-Сумська,

Київська-Закарпатська, Київська-Херсонська, Київська-Луганська, Київська-Чернівецька області.

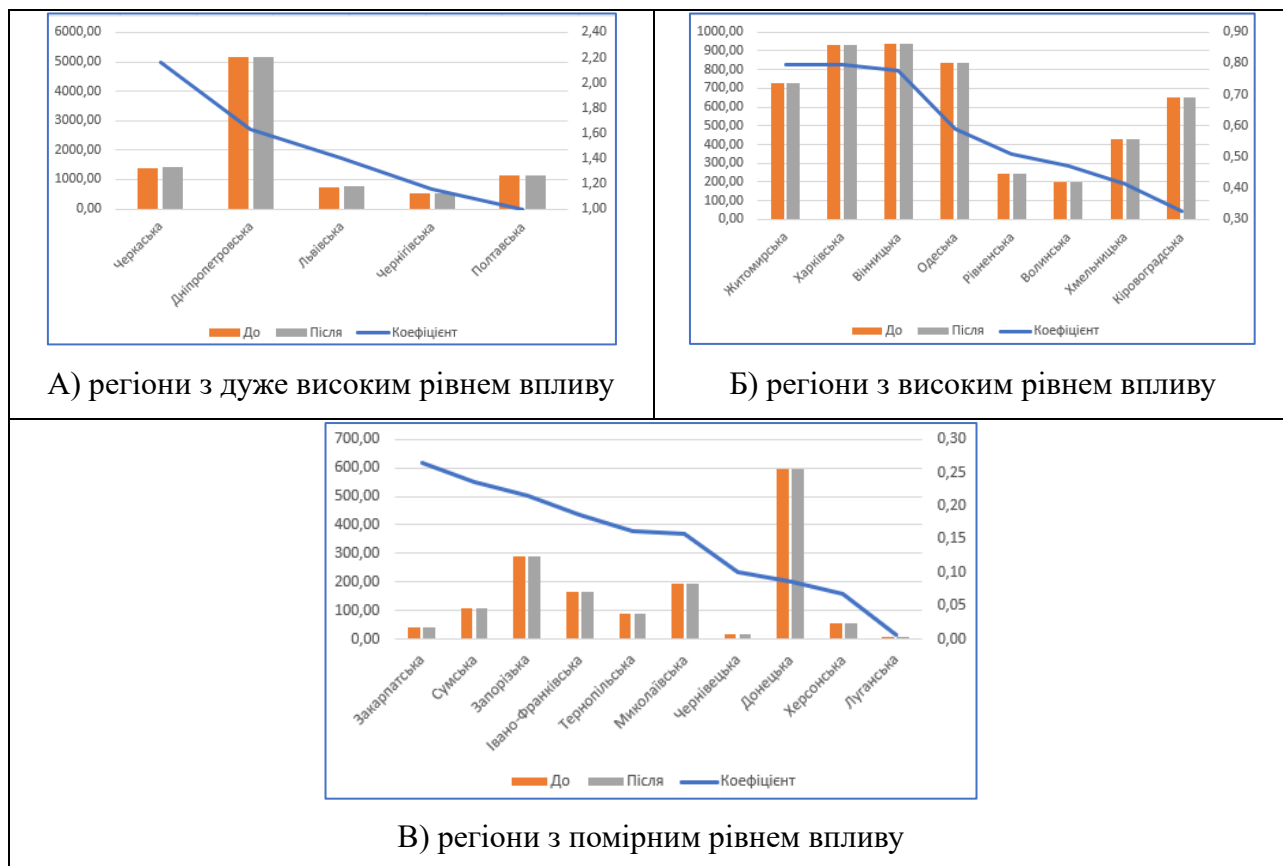


Рис. 3.11. Класифікація регіонів за рівнем впливу ризик-факторів політики сталого розвитку з коефіцієнтами $\beta_1 = 0,43$, $\beta_2 = 0,36$, $\beta_3 = 0,21$ (розроблено автором)

Таким чином, можна зробити висновок, що на рівень привабливості регіональних логістичних систем впливають як самі ризик-фактори політики сталого розвитку, так і їх питома вага. Звичайно, встановлення вагових коефіцієнтів ризик-факторів політики сталого розвитку експертним шляхом дасть можливість об'єктивніше підійти до аналізу їх впливу на логістичну привабливість, що може стати подальшим об'єктом дослідження. Роль ризик-факторів політики сталого розвитку в регіональній логістиці полягає в тому, щоб збалансувати ресурси регіональних логістичних систем, щоб деякі регіони з меншими ресурсними перевагами могли отримати більше ресурсів і збільшити свою привабливість.

Таким чином, дослідження присвячене вивченню можливості застосування традиційної та вдосконаленої моделі гравітації до оцінки привабливості регіональних логістичних систем та їх ризик-факторів [3]. Впровадження ризик-факторів політики сталого розвитку для покращення моделі гравітації дозволило змінити традиційне розуміння «якості» або «відстані» та забезпечило новий спосіб покращення моделі гравітації. Завдяки спеціальному аналізу регіональної логістики в областях України доведено, що економічні, соціальні та екологічні ризик-фактори політики сталого розвитку, очевидно, мають вплив на зміну логістичного центру регіональних логістичних вузлів. Їх питома вага впливу також може змінити рівень логістичної привабливості. Такий підхід показує, що для дослідження впливу різного роду політик краще послуговуватись кількісним, як в даному дослідженні, а не тільки якісним їх аналізом. Роль ризик-факторів політики сталого розвитку в регіональній логістиці полягає в тому, щоб збалансувати ресурси регіональних логістичних систем, щоб деякі регіони з меншими ресурсними перевагами могли отримати більше ресурсів і збільшити свою привабливість.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розроблено теоретико-методичні засади та прикладні рекомендації щодо аналізу та оцінки сучасного стану та тенденцій формування регіональних логістичних систем в Україні, виявлення їх проблем та перешкод, розроблення теоретичних і практичних рекомендацій щодо їх подолання та покращення з урахуванням чинників сталого розвитку. Зокрема:

1. Досліджено сутнісні характеристики регіональних логістичних систем. Зокрема, за допомогою інформаційно-пошукової системи GoogleTrends проведено аналіз таких дефініцій, як «Логістика», «Логістична система», «Транспортна логістика», «Транспортно-логістична система», «Логістична модель», «Регіональні логістичні системи України», «Регіональна логістична система» та «Регіон». Виявлено, що короткі пошукові запити користуються більшою популярністю, ніж довгі. Тому встановлено необхідність проведення контент-аналізу об'єкту дослідження дисертаційної роботи. Визначено місце регіональної логістичної системи в загальній класифікації логістичних систем. На його основі визначено сутність дефініції «Регіональна логістична система» як множини взаємопов'язаних об'єктів та суб'єктів, які реалізують доведення різних видів потоків від конкретного виробника до його споживачів в регіоні, утворюють єдине ціле, взаємодіють із зовнішнім середовищем та між собою, з метою оптимізації логістичних витрат.

2. Проведено порівняльний аналіз світового і вітчизняного досвіду формування і розвитку регіональних логістичних систем. Уточнено, що більшість українських науковців розглядають процес формування РЛС крізь призму ієрархічного (рівневого) підходу, де рівень агрегування логістичної взаємодії визначає потенціал та переваги системи. Водночас зарубіжні автори акцентують увагу на управлінських аспектах, підвищенні ефективності через інструменти менеджменту. Подальший розвиток отримали положення про те, що світовий досвід базується на створенні мультимодальних центрів, інтеграції різних видів транспорту та активній ролі держави у підтримці логістичних

процесів. Для України уточнено, що розвиток РЛС перебуває на етапі становлення, зосереджений на модернізації інфраструктури, інтеграції з ЄС та формуванні логістичних хабів, що потребує адаптації світових практик до національних умов.

3. Систематизовано основні підходи до дослідження сталого розвитку логістики, що охоплюють традиційну логістику та ланцюги постачання, практики сталої логістики, зелений ланцюг постачання, інноваційні рішення у сфері логістики, інфраструктурний підхід, зелену логістику та методи оцінки екологічної ефективності. Проведене порівняння дозволило виявити, що зазначеним підходам бракує глибокого багатовимірного аналізу сталого розвитку, який би одночасно враховував економічні, екологічні та соціальні аспекти. Уточнено, що взаємозв'язок між логістикою та факторами сталого розвитку на макро- та мезорівні залишається недостатньо дослідженим, що потребує подальшого розвитку методичних засад інтеграції логістичних систем у стратегії сталого розвитку.

4. Побудовано систему оцінки РЛС, що складається з 17 показників в чотирьох вимірах: масштаб результату, якість роботи, соціальний внесок і зелений слід. Така багатовимірна структура дозволила комплексно оцінювати не лише ефективність функціонування логістичної галузі, але й її вплив на навколишнє середовище та суспільство. Удосконалена система індексів відображає як внутрішні зміни у логістичній сфері, так і її внесок у розвиток інших галузей та підвищення добробуту населення. Це забезпечує більш повне розуміння ролі регіональних логістичних систем у формуванні ендегенної складової економічного розвитку та зниженні витрат на логістику в реальній економіці.

5. Проведено комплексний аналіз характеристик регіональних логістичних систем з позицій просторової та часової еволюції, динаміки розподілу та регіональних відмінностей. Удосконалено методику дослідження шляхом поєднання вдосконаленого методу ентропійної ваги, оцінки щільності ядра та коефіцієнта Джині. Це дозволило: чітко відобразити еволюційну модель

рівня розвитку РЛС у часовій та просторовій перспективі; виявити шаблони розподілу та динаміку змін у розвитку логістичних систем; визначити основні джерела регіональних відмінностей у розвитку РЛС; надати наукові докази для скорочення розриву між регіонами у розвитку логістичної галузі. Таким чином, комплексний підхід забезпечив більш глибоке розуміння закономірностей розвитку РЛС та створив основу для формування ефективних напрямів їх вирівнювання та інтеграції у загальнонаціональний простір сталого розвитку.

6. Побудовано модель географічної та часової зваженої регресії (GTWR), яка дала змогу виявити просторово-часову неоднорідність впливу окремих факторів на розвиток регіональних логістичних систем. У результаті дослідження встановлено, що рівень РЛС у 2002–2024 рр. змінювався із середньорічними темпами зростання $-0,04\%$, проте із суттєвими регіональними та міжобласними відмінностями. Виявлено, що РЛС у країні та п'яти основних регіонах характеризуються біполярними або мультиполярними структурами з градієнтними ознаками розвитку. З'ясовано, що загальна різниця у розвитку РЛС формується переважно через відхилення у темпах зростання між п'ятьма ключовими регіонами, і ця різниця має тенденцію до збільшення. Встановлено просторово-часову неоднорідність впливу факторів: позитивний ефект інноваційного потенціалу, рівня цифровізації, інвестицій, транспортної інфраструктури та екологічного регулювання поступово зростав у часі, особливо для східного регіону; стимул промислової агломерації до розвитку РЛС зменшувався, а регіон концентрації її позитивного впливу змістився зі сходу до центру країни. Таким чином, GTWR-модель дозволила не лише кількісно оцінити динаміку розвитку РЛС, але й виявити регіональні особливості впливу ключових факторів, що створює наукове підґрунтя для розробки диференційованих підходів до розвитку логістичної галузі в Україні.

7. У дослідженні визначено компроміси та мотивації регіональних логістичних систем щодо розвитку сталої логістики. Доведено, що інвестиції у сталі технології змінюють структуру витрат, впливають на споживачів та екологію, але не завжди покривають витрати. Обґрунтовано, що рівень сталості

має визначатися самими РЛС як стратегічне рішення. Встановлено, що ціна перевезення вантажів є ключовим чинником у стратегії сталого розвитку, а фактори сталості безпосередньо впливають на розташування логістичних центрів. Підтверджено, що сталий розвиток став пріоритетом у логістичній галузі, особливо в умовах екологічних та соціальних викликів. Незважаючи на невпровадження Проєкту Стратегії сталої логістики та Плану дій для України, доведено актуальність інтеграції цілей сталого розвитку у діяльність українських РЛС. Виявлено зв'язок між Національною транспортною стратегією до 2030 року та Стратегією сталої логістики, що створює основу для поєднання економічної, соціальної та екологічної складових у розвитку РЛС.

8. Встановлено, що прискорення глобалізації позиціонувало регіональні логістичні системи як ключовий канал товарообігу, але водночас посилює екологічні проблеми через високий рівень викидів та ресурсне навантаження. Доведено, що традиційні методи оптимізації логістики, засновані на статичних правилах, є недостатніми для сучасних умов. Узагальнено, що цифровізація (IoT, великі дані, цифрові двійники, блокчейн) та алгоритми штучного інтелекту відкривають нові можливості для зниження викидів, підвищення енергоефективності та інтеграції екологічних показників у логістичні процеси. З'ясовано, що цифрові технології можуть одночасно сприяти екологічній стійкості та створювати нові ризики через зростання енергоспоживання. Підтверджено, що комплексні системи екологічної оцінки (LCA, MFA, GIS) у поєднанні з інтелектуальними алгоритмами забезпечують багатовимірний аналіз сталості логістики. Обґрунтовано необхідність переходу від ізольованих експериментів до системної трансформації РЛС, яка поєднує технологічні інновації, регуляторну узгодженість та міжрегіональну співпрацю.

9. Встановлено, що раціональність організації регіональної логістичної системи безпосередньо впливає на розвиток регіону. Доведено, що традиційна гравітаційна модель не здатна адекватно оцінити стан логістичної мережі, оскільки ігнорує вплив ризик-факторів політики сталого розвитку. Запропоновано вдосконалену гравітаційну модель, яка враховує економічні,

соціальні та екологічні ризики, що дозволяє кількісно оцінювати їхню питому вагу та реалістично відображати привабливість вузлів у логістичній мережі. Емпірично підтверджено, що ризик-фактори суттєво змінюють вагу вузлів і рівень привабливості РЛС, а їхнє врахування забезпечує більш практичне значення моделі. Зроблено висновок, що рівень привабливості регіональних логістичних систем формується не лише ресурсними перевагами, а й ваговими коефіцієнтами ризик-факторів політики сталого розвитку, які здатні збалансувати розподіл ресурсів між регіонами та підвищити привабливість територій із меншими початковими можливостями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. АТ «Укрзалізниця». (2024). <https://uz.gov.ua/about/>
2. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. *Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України*: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
3. Бегей Б.В. Гравітаційна модель оцінки привабливості регіональних логістичних систем. *Economics, finance, accounting and law: strategic priorities for development in the context of globalization*: International scientific-practical conference. Scholarly Publisher ICSSH. (Aarhus, Denmark, December 21, 2024). Aarhus, Denmark, 2024. С.34-36. URL: <https://www.economics.in.ua/2024/12/21.html>
4. Бегей Б.В. Дослідження просторово-часової неоднорідності факторів впливу на розвиток регіональних логістичних систем за допомогою моделі GTWR. *Економіка та суспільство*. 2025. № 78. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-112>
5. Бегей Б.В. Застосування моделі GTWR для дослідження впливу факторів на регіональні логістичні системи. *Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції форуму молодих економістів-кібернетиків*. (Львів, 21-22 листопада 2025 р.). С.91-93. URL: https://econom.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/12/2025_Zbirnyk-OK-NEW-1.pdf
6. Бегей Б.В. Застосування удосконаленого методу ентропійної ваги для оцінки розвитку регіональних логістичних систем. *Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці: матеріали IX Міжнародної науково-методичної конференції*. (Чернівці, 24 - 25 квітня 2025 р.). С.23-24. URL: <https://drive.google.com/file/d/1BZgCXeBLUATBjBthJDZqEzkZ2yZmWU2B/view>

7. Бегей Б.В. Контент-аналіз регіональної логістичної системи. *Новітні підходи до забезпечення економічної стабільності*: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Східноєвропейський центр наукових досліджень. (Суми, 14 червня 2024 р). Research Europe, 2024. С.12-17. URL: <https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2024/06/re-14.06.2024.pdf>
8. Бегей Б.В. Оцінка рівня розвитку регіональних логістичних систем на основі вдосконаленого методу ентропійної ваги. *Проблеми економіки*. 2025. № 3. С. 299-311. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2025-3-299-311>
9. Бегей Б.В. Сутнісні характеристики регіональних логістичних систем. *Наукові перспективи*. 2024. № 6(48). С. 324-337. [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-6\(48\)-324-337](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-6(48)-324-337)
10. Бегей Б.В., Петришак П.В. Побудова системи оцінки показників розвитку регіональних логістичних систем. *Грааль науки*. 2025. № 57. С. 256-269. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.10.2025.024>
11. Благун І. (2024). Дослідження факторів впливу на впровадження технологій блокчейн в логістичному секторі. *Економіка та суспільство*, (70). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-135>
12. Благун І.С. (2025). Еволюційна ігрова модель взаємодії логістичних підприємств та служб надзвичайних ситуацій на основі блокчейн-платформ. *Бізнес-навігатор*. 2025. № 1. С. 233-238. DOI: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.78-38>
13. Благун, І.С., Дмитришин, Л.І. (2013). Прогнозування ймовірнісних характеристик просторового розподілу грошових доходів населення на основі гравітаційної моделі. У О.І. Черняк, П.В. Захарченко (ред.) *Сучасні концепції прогнозування розвитку складних соціально-економічних систем* (С. 28-38). Київ-Бердянськ.
14. Благун, І.С., Дмитришин, Л.І., Кацедан, А.В. (2014). Просторова інтерпретація потенціалу регіональної конкурентоспроможності на основі гравітаційної моделі. *Актуальні проблеми економіки*, 8(158), 411-418.

15. Брагінський В.В. Розвиток транспортно-логістичної системи як форма реалізації транзитного потенціалу України. *Державне управління: теорія і практика*. 2011. № 2. URL: <http://www.academy.gov.ua/ej/ej14/index.htm>.
16. Верховна Рада України. (2019). Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. № 722/2019-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
17. Верховна Рада України. (1994). *Про транспорт*. № 232/94-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80/ed19971118#Text>
18. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
19. *Галузеві тренди. Стан логістичної галузі в Україні: тренди та особливості*. (2024, 16 липня). URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/galuzevi-trendi-stan-logistichnoyi-galuzi-v-ukrayini-trendi-ta-osoblivosti>
20. Герасимович І.В., Судук Н.В. (2025). Діджиталізація як стратегічний фактор розвитку виробничої логістики: тенденції та перспективи. *Грааль науки*. №52. С.210-217. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.23.05.2025.025>
21. Грицюк М.Й., Луцак М.І., Матковський П.Є., Сас Л.С., Слюсаренко Н.Н., Судук Н.В. (2025). Перспективи логістичного хабу в м. Стрий на основі принципів економічної теорії, статистики і теорії ймовірності, облікової аналітики комерційних банків. *Наукові інновації та передові технології*. №5(45). С. 669-681. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2025-5\(45\)-669-681](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2025-5(45)-669-681)
22. Державна служба статистики України. (2024). *Транспорт*. <https://stat.gov.ua/uk/topics/transport>
23. Державна служба статистики України. URL: <https://stat.gov.ua/uk>
24. Дзюбановська Н. (2026). Оцінювання структурної динаміки вантажообігу в транспортно-логістичній системі України. *Економіка та суспільство*. Вип. 86. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/D2026-86-140>
25. Дзюбановська Н. (2026). Формування регіональних логістичних систем Західного макрорегіону України в умовах відновлення економіки та сталого розвитку. *Інноваційна економіка*. Вип. 2. DOI: <https://doi.org/10.37332/>

26. Дмитришин Л.І., Бегей Б.В. (2024). Оцінка привабливості регіональних логістичних систем та їх ризик-фактори: гравітаційне моделювання. *Наука і техніка сьогодні*. № 13(41). С. 220-241. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13\(41\)-220-241](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13(41)-220-241)

27. Іванов С.В., Ляшенко В.І., Трушкіна Н.В. (2020). Прогнозна оцінка показників розвитку регіональної транспортно-логістичної системи Придніпровського економічного району. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Адміністративно-територіальні vs економічно-просторові кордони регіонів»*, КНЕУ, 19-20 березня 2020 р.

28. Імпульс консалтинг. Дослідження «Аналіз логістичного ринку та складських послуг в Україні». URL: <https://www.impulse-consulting.com.ua/analiz-lohistychnoho-ryнку-ta-skladskykh-posluh-v-ukraini/>

29. Іртищева І.О., Мінакова С.М., Христенко О.А. (2015). Структура транспортно-логістичної системи України. *Глобальні та національні проблеми економіки*. Вип. 4. С. 146-149.

30. Коблянська І.І. (2016). Регіональна логістика у контексті сталого розвитку регіонів: сутність та механізми реалізації: в монографії «Детермінанти соціально-економічного розвитку підприємств». Суми, Сумський національний аграрний університет, 295-304.

31. Коблянська І.І., Рибалко Н.О., Міщенко О.В. (2015). Логістичний потенціал регіону: сутність і методичний підхід щодо його оцінювання. *Вісник СумДУ. Серія «Економіка»*. №2. 23-30.

32. Колодійчук В.А. (2016). Інтегральна оцінка економічної ефективності регіональних логістичних систем підприємств зернопродуктового підкомплексу АПК України. *Регіональна економіка*. №2. 121-128.

33. Корінь М.В. (2012). Дослідження класифікації логістичних систем. *Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст»*. №106. С. 428-434.

34. Костенко Н., Іванов В. (2003). Досвід контент-аналізу: моделі та практики: Монографія. — К.: Центр вільної преси, — 44 с.

35. Кравченко О.П. (2013). Методика діагностики функціонування регіональної транспортно-логістичної системи. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*. № 4. 48-52.

36. Крикавський Є.В., Чорнописька Н.В. (2009). Логістичні системи: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 264 с.

37. Ларіна Р.Р. Теоретико-методологічні основи формування регіональних логістичних систем: автореф. дис... д-ра екон. наук: спец. 08.10.01 «Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка» / Р.Р. Ларіна. – Харків, 2006. – 36с.

38. Лещук Г.В., Андрієшин Р.В. (2025). Інвестиційне забезпечення розвитку регіональних логістичних систем. *Актуальні питання у сучасній науці*. № 5(35). С. 103-114. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-5\(35\)-103-114](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-5(35)-103-114)

39. Лещук Г.В., Кубарич Т. В. (2025). Механізми управління логістичними системами закладів харчування на регіональному рівні. *Актуальні питання у сучасній науці*. № 4(34). С. 82-92. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-4\(34\)-82-92](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-4(34)-82-92)

40. Лещук Г.В., Савків У.С., Кузьмін Т.Л. (2025). Основні проблеми та перспективи розвитку регіональних логістичних систем прикордонних областей Західного регіону України. *Наукові перспективи*. № 4(58). С. 734-747. DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-4\(58\)-734-747](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-4(58)-734-747)

41. Лисько Т.Г., Луценко І.С. Основні засади функціонування логістичної системи підприємства. URL: <https://ela.kpi.ua/items/4e2a0194-2be8-4023-ad11-088d19237eb6>

42. Логістика : навчальний посібник для студентів галузі знань 0306 «Менеджмент і адміністрування» всіх форм навчання / за заг. ред. докт. екон. наук, професора О. М. Ястремської. Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 272 с.

43. Логістика: навч.посіб. / Безугла Л.С., Юрченко Н.І., Ільченко Т.В., Пальчик І.М., Воловик Д.В. – Дніпро: Пороги, 2021. - 252 с.

44. Логістичні системи і ланцюги. URL: <https://mk.nmu.org.ua/en/source/Logisticl3.pdf>
45. Машканцева С.О. (2023). Транспортно-логістична система регіону: стан і перспективи функціонування. *Український журнал прикладної економіки*. Том 4. № 3. С. 324–329.
46. Михайлик Н. І. (2025). Вплив технологій на базі штучного інтелекту на фінансово-економічну ефективність логістичних систем. *Актуальні питання економічних наук*, (8). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14912117>
47. Михайлик Н. І. (2024). Основні виклики та перспективи розвитку транспортної логістики в умовах війни. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. Вип. 20, т. 1. С. 163–172. DOI: <https://doi.org/10.15330/apred.1.20.163-172>
48. Михайлик Н. І. (2024). Особливості управління логістичною діяльністю підприємств на ринку продуктового ретейлу в умовах війни. *Економіка та суспільство*. Вип. 67. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-15>
49. Мішенін Є.В., Коблянська І.І. (2014). Логістичні основи сталого соціально-економічного розвитку регіону. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Вип. 5 (60). 3-7.
50. Мороз О.Д. Формування регіональних логістичних систем : автореферат дисертації на здобуття наук. ступеня кандидата економічних наук / О.Д. Мороз ; Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2010. – 17 с.
51. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року «Drive Ukraine 2030». КМУ. URL: <https://www.kmu.gov.ua/reformi/ekonomichne-zrostannya/reforma-infrastrukturi>
52. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-%D1%80#Text>
53. Омельченко В.Я. Логістична стратегія розвитку світової економіки в умовах глобалізації: автореф. дис.... д-ра екон. наук: спец. 08.00.02 «Світове

господарство і міжнародні економічні відносини» / В.Я. Омельченко. – Донецьк, 2009. – 42 с.

54. Перебийніс О.В. Управління транспортно-логістичними системами підприємств АПК: автореф. дис.... канд. екон. наук: спец. 08.06.01 «Економіка, організація і управління підприємствами» / О.В. Перебийніс. – Харків, 2005. – 22 с.

55. Полякова О.М. (2014). Кластерний підхід до формування інтегрованої транспортно-логістичної системи. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. № 45. С. 239-244.

56. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках. Постанова КМУ від 27 грудня 2024 р. № 1550. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-%D0%BF#Text>

57. Рета М.В. (2012). Логістичні витрати: визначення, класифікація та облік. *Бізнес Інформ*. № 8. С. 155-158.

58. Русин Р.С., Бегей Б.В. Використання інформаційних технологій Data Science для малих підприємств. *Сучасний стан та перспективи розвитку науки : матеріали Міжнародної студентської наукової конференції (Т.1) (Ужгород, 18 грудня, 2020 р.)*. Ужгород, Україна: Молодіжна наукова ліга, 2020. С. 39-40.

59. Сеньків М.І. *Транспортна і розподільча геологістика в Західному регіоні України*. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук. Львів, 2017.

60. Словник іншомовних слів. URL: <https://www.jnsm.com.ua/cgi-bin/u/book/sis.pl?Qry=%F0%E5%E3%B3%EE%ED>

61. Смирнова Н.В. (2021). Оцінка макросередовища логістичної діяльності в Україні. *Економічний вісник Причорномор'я*. № 1. 94-108.

62. Споживання енергії на транспорті на рівні до пандемії. URL: <https://uk.eureporter.co/energy/2024/10/11/energy-consumption-in-transport-at-pre-pandemic-levels/>

63. Стратегія сталої логістики та План дій для України. Проект для розгляду. URL: <https://mtu.gov.ua/files/Logistics.pdf>
64. Судук Н.В., Герасимович І.В. (2025). Застосування штучного інтелекту у виробничій логістиці: сучасні практики та перспективи розвитку. *Економіка та суспільство*. №73. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-73-40>
65. Таблиця відстаней між головними містами України. (2024). <https://yourdriver.com.ua/uk/about-us/blog/korisna-informaciya>
66. Трушкіна Н., Джвігол Х., Квілінський О. (2021). Кластерна модель організації логістичної діяльності в регіоні (на прикладі економічного району «Поділля»). *Journal of European Economy*. Том. 20. № 1(76). 130-151.
67. Фролова Л.В. Логістичне управління підприємством: теоретико-методологічні аспекти: монографія / Л.В. Фролова. – Донецьк: ДонДУЕТ ім. Туган-Барановського, 2004. – 261 с.
68. Хвищун Н.В. (2012). Принципи логістичного забезпечення розвитку регіону. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. №749. С. 507–511.
69. Abbasi M, Nilsson F. (2016). Developing environmentally sustainable logistics: exploring themes and challenges from a logistics service providers' perspective. *Transport Res Transport Environ*; 46:273–83.
70. Abukhader SM, Jonson G. (2004). Logistics and the environment: is it an established subject? *Int J Logist Res Appl*; 7(2):137–49.
71. Adler, N., Smilowitz, K., (2007). Hub-and-spoke network alliances and mergers: price- Location competition in the airline industry. *Transp. Res. Part B Methodol*. 41 (4), 394–409.
72. Agrell, P.J., Lundin, J., Norrman, A., (2017). Supply chain management: horizontal carrier coordination through cooperative governance structures. *Int. J. Prod. Econ*. 194, 59–72.
73. АІС критерій. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>

74. Ardito L, et al. (2019). Inter-firm R&D collaborations and green innovation value: the role of family firms' involvement and the moderating effects of proximity dimensions. *Bus Strat Environ*; 28(1):185–97.
75. Automotive Logistics. URL: <https://www.automotive-logistics.com>
76. Belhadi A, et al. (2021). Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: lessons learned from the automobile and airline industries. *Technol. Forecast Soc. Change*; 163:120447.
77. Bhatnagar R, Teo CC. (2009). Role of logistics in enhancing competitive advantage: a value chain framework for global supply chains. *Int J Phys Distrib Logist Manag*; 39(3):202–26.
78. Blaik P, Matwiejczuk R. (2009). Logistic processes and potentials in a value chain. *Electronic Scientific Journal of Logistics*;5(2).
79. Bottasso A, et al. (2013). The impact of port throughput on local employment: evidence from a panel of European regions. *Transport Pol*; 27:32–8.
80. Camur M. C. Ravi S. K. Saleh S. (2024). Enhancing supply chain resilience: A machine learning approach for predicting product availability dates under disruption. *Expert Systems with Applications*, 247, 123226. [10.1016/j.eswa.2024.123226](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123226)
81. Carter CR, Rogers DS. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *Int J Phys Distrib Logist Manag*;38(5):360–87.
82. Chang Y-T, Shin S-H, Lee PT-W. (2014). Economic impact of port sectors on South African economy: an input–output analysis. *Transport Pol*; 35:333–40.
83. Cosimato S, Troisi O. (2015). Green supply chain management: practices and tools for logistics competitiveness and sustainability. The DHL case study. *The TQM Journal*; 27(2):256–76.
84. Dagum C. (1997). A new approach to the decomposition of the Gini income inequality ratio. *Empir. Econ.* 22 (4), 515–531. <https://doi.org/10.1007/BF01205777>

85. Dallasega P, et al. *Field study to identify requirements for smart logistics of European, US and Asian SMEs*. In: Proceedings of the international conference on industrial engineering and operations management; 2019.
86. Dekker R, Bloemhof J, Mallidis I. (2012). Operations Research for green logistics– An overview of aspects, issues, contributions and challenges. *Eur J Oper Res*; 219(3):671–9.
87. Deng F, et al. (2020). PCA-DEA-tobit regression assessment with carbon emission constraints of China’s logistics industry. *J Clean Prod*; 271:122548.
88. Deng P, Lu S, Xiao H. (2013). Evaluation of the relevance measure between ports and regional economy using structural equation modeling. *Transport Pol*; 27:123–33.
89. Duanmu, J., Foytik, P., Khattak, A., et al. (2012). Distribution analysis of freight transportation with gravity model and genetic algorithm. *Transp. Res. Record*, 2269(1), 1–10.
90. Ekici S, Kabak E, Ulengin F. (2016). Linking to compete: logistics and global competitiveness interaction. *Transport Pol*; 48:117–28.
91. Ekundayo F. (2024). Leveraging ai-driven decision intelligence for complex systems engineering. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5(11), 5489–5499. 10.55248/gengpi.5.1124.3343
92. *Energy of Information Administration*, (2023). Transportation energy consumption surveys. <https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/transportation.php>
93. *Environmental Protection Agency of the USA*, (2023). EPA programs to reduce carbon pollution from transportation. <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/carbon-pollution-transp>
94. Feng R., Shen C., Dai D., Xin Y. (2023). Examining the spatiotemporal evolution, dynamic convergence and drivers of green total factor productivity in China’s urban agglomerations. *Economic Analysis and Policy*. 78, 744–764. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.04.014>

95. Firoozi A. A. Tshambane M. Firoozi A. A. Sheikh S. M. (2024). Strategic load management: Enhancing eco-efficiency in mining operations through automated technologies. *Results in Engineering*, 102890. Advance online publication. 10.1016/j.rineng.2024.102890
96. Forbes, (2022). Consumers demand sustainable products and shopping formats. <https://www.forbes.com/sites/gregpetro/2022/03/11/consumers-demand-sustainable-products-and-shopping-formats/?sh=6d4976ae6a06>
97. Fotheringham, A.S. (1985). Spatial competition and agglomeration in urban modelling. *Environ Plan A*, 17(2), 213–230.
98. Gallo, M., Marzano, V., Simonelli, F. (2012). Empirical comparison of parametric and nonparametric trade gravity models. *Transp. Res. Record*, 2269(1), 29–41.
99. Gonçalves H, et al. (2024). Overcoming barriers to sustainable supply chain management in small and medium-sized enterprises: a multi-criteria decision-making approach. *Sustainability*;16(2):506.
100. Google Trends: веб-сайт. URL: <https://trends.google.com/trends/>
101. Gruber H. (2019). Proposals for a digital industrial policy for Europe. *Telecommun. Policy* 43 (2), 116–127. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.06.003>
102. He, Y. Y., & Xu, X. F. (2023). Spatial correlation network structure of port performance and its drivers: A case study of Chinese coastal ports. *Ocean & Coastal Management*, 244, Article 106780. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106780> S method. *Sustainable Cities and Society*, 87, Article 104246. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104246>
103. Henriques M. Will Covid-19 have a lasting impact on the environment? URL: <https://www.bbc.com/future/article/20200326-covid-19-the-impact-of-coronavirus-on-the-environment>; 2020.
104. Himeur Y. Rimal B. Tiwary A. Amira A. (2022). Using artificial intelligence and data fusion for environmental monitoring: A review and future perspectives. *Information Fusion*, 86-87, 44–75. 10.1016/j.inffus.2022.06.003

105. Huang B., Wu B., Barry M. (2010). Geographically and temporally weighted regression for modeling spatio-temporal variation in house prices. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 24 (3), 383–401. <https://doi.org/10.1080/13658810802672469>
106. Huang, R., & Mao, S. (2024). Carbon footprint management in global supply chains: A data-driven approach utilizing artificial intelligence algorithms. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3407839>
107. IEA. Greenhouse gas emissions from energy; URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissions-from-energy>; 2024.
108. Indrianti N. Leuveano R. A. C. Abdul-Rashid S. A. Ridho M. I. (2025). Green vehicle routing problem optimization for LPG distribution: Genetic algorithms for complex constraints and emission reduction. *Sustainability*, 17(3), 1144–1144. 10.3390/su17031144
109. Kazancoglu Y, Kazancoglu I, Sagnak M. (2018). A new holistic conceptual framework for green supply chain management performance assessment based on circular economy. *J Clean Prod*; 195:1282–99.
110. Khadaroo A, Seetanah B. (2010). Transport infrastructure and foreign direct investment. *J Int Dev: J Dev Sustain Agric*; 22(1):103–23.
111. Kim Y.J., Lee S.G., Trimi S. (2021). Industrial linkage and spillover effects of the logistics service industry: An input-output analysis. *Serv. Bus.* 15 (2), 231–252. <https://doi.org/10.1007/s11628-021-00440-1>
112. Lai, G., Liu, H., Xiao, W., Zhao, X., (2022). “Fulfilled by amazon”: a strategic perspective of competition at the e-commerce platform. *Manuf. Serv. Oper. Manag.* 24 (3), 1406–1420.
113. Lakshmanan TR. (2011). The broader economic consequences of transport infrastructure investments. *J Transport Geogr*; 19(1):1–12.
114. Lange S., Pohl J., Santarius T. (2020). Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand? *Ecol. Econ.* 176, 106760 <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106760>

115. Li H, Li W. (2019). Carbon emission efficiency evaluation and dynamic evolution analysis of logistics industry: a case study of provinces along the Silk Road Economic Belt. *Environ Sci Technol*;42(3):165.
116. Li, X., Li, X., Shi, J., (2024). Capacity sharing for ride-sourcing platforms under competition. *Transport. Res. E Logist. Transport. Rev.* 182, 103397.
117. Liu, J., Wang, J., (2019). Carrier alliance incentive analysis and coordination in a maritime transport chain based on service competition. *Transport. Res. E Logist. Transport. Rev.* 128, 333–335.
118. Liu, K. (2022). GIS-based MCDM framework combined with coupled multi-hazard assessment for site selection of post-earthquake emergency medical service facilities in Wenchuan, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73, Article 102873. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102873>
119. Lu M, et al. (2019). Green transportation and logistics performance: an improved composite index. *Sustainability*; 11(10):2976.
120. Mahmood K., Basit I., Faizi F. (2023). Multi-control spatial history of groundwater reservoirs in Pakistan using satellite-driven data. *Acta Geophys.* 71 (1), 423–436. <https://doi.org/10.1007/s11600-022-00881-w>
121. Mainali B., Mahapatra K., Pardalis G. (2021). Strategies for deep renovation market of detached houses. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 138, 110659 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110659>
122. McKinnon A, et al. *Green logistics: improving the environmental sustainability of logistics*. Kogan Page Publishers; 2015.
123. Miller T. Durlík I. Kostecka E. Kozłowska P. Łobodzińska A. Sokołowska S. Nowy A. (2025). Integrating artificial intelligence agents with the Internet of Things for enhanced environmental monitoring: Applications in water quality and climate data. *Electronics (Basel)*, 14(4), 696. 10.3390/electronics14040696
124. Mohamed, H. A., & Ali, D. K. (2024). Impact of digitalization in the energy sector on energy consumption. *In E3S web of conferences*, 574, Article 01001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457>

125. Musa M. Gao Y. Rahman P. Ahmad A. Ali M. A. S. Saha S. K. (2023). Sustainable development challenges in Bangladesh: An empirical study of economic growth, industrialization, energy consumption, foreign investment, and carbon emissions—using dynamic ARDL model and frequency domain causality approach. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26, 1799–1823. 10.1007/s10098-023-02680-3
126. Muvawala J, Sebukeera H, Ssebulime K. (2021). Socio-economic impacts of transport infrastructure investment in Uganda: insight from frontloading expenditure on Uganda's urban roads and highways. *Res Transport Econ*; 88:100971.
127. Nchege J., Okpalaoka C. (2023). Gender Variations and Inequity in Health Care Financing: Evidence from Southeast Nigeria. *Int. J. Health Serv.* 53 (1), 39–47. <https://doi.org/10.1177/00207314221133063>
128. Niu, B., Dai, Z., Zhuo, X., (2019). Co-opetition effect of promised-delivery-time sensitive demand on air cargo carriers' big data investment and demand signal sharing decisions. *Transport. Res. E Logist. Transport. Rev.* 123, 29–44.
129. Ogwo EO, Godswill AA. (2017). Transport infrastructure, manufacturing sector performance and the growth of gross domestic product in Nigeria, (1999-2011). *African Journal of Education, Science and Technology*;3(3):63–77.
130. Opoku E.E.O., Adams S., Aluko O.A. (2021). The foreign direct investment-environment nexus: Does emission disaggregation matter? *Energy Rep.* 7, 778–787. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.01.035>
131. Orji, I. J., Kusi-Sarpong, S., Huang, S. F., & Vazquez-Brust, D. (2020). Evaluating the factors that influence blockchain adoption in the freight logistics industry. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 141, Article 102025. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102025>
132. Piyachat B. (2017). The relationships among resources' commitment reverse logistics innovation reverse logistics performance and reverse logistics cost savings: manufacturing vs service industry. *Journal of Administrative and Business Studies*; 3(3):122–35.

133. Puertas, R., Martí, L., García, L. (2014). Logistics performance and export competitiveness, European experience. *Empirica*, 41(3), 467–480.
134. Rajesh, R. (2018). Assessing the impact of great recession on India's trade in gravity model framework. *Foreign Trade Rev.*, 53(4), 239–270.
135. Rao P, Holt D. (2005). Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? *Int J Oper Prod Manag*;25(9):898–916.
136. Rashidi K, Cullinane K. (2019). Evaluating the sustainability of national logistics performance using Data Envelopment Analysis. *Transport Pol*; 74:35–46.
137. Ren R, et al. (2020). A systematic literature review of green and sustainable logistics: bibliometric analysis, research trend and knowledge taxonomy. *Int J Environ Res Publ Health*;17(1):261.
138. Resitoglu I., Altinisik K., Keskin A. (2015). The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. *Clean Technol Environ Policy*; 17:15–27.
139. Rodrigues R. (2012). New territorial dynamics in the brazilian port system: logistics networks and local development in açu and barra do furado port complexes. *Politique(s) de l'espace portuaire..* №16(1). URL: <http://espacepolitique.revues.org/2301>
140. Ronaghi M, Scorsone E. The impact of COVID-19 outbreak on CO₂ emissions in the ten countries with the highest carbon dioxide emissions. *Journal of Environmental and Public Health*; 2023.
141. Shan J, Yu M, Lee C-Y. (2014). An empirical investigation of the seaport's economic impact: evidence from major ports in China. *Transport Res E Logist Transport Rev*; 69:41–53.
142. Shawon R. E. R. Hasan M. R. Rahman M. A. Al Jobaer M. A. Islam M. R. Kawsar M. Akter R. (2025). Designing and deploying AI models for sustainable logistics optimization: A case study on eco-efficient supply chains in the USA. *Journal of Ecohumanism*, 4(2). *Advance online publication*. 10.62754/joe.v4i2.6610
143. Stewart J.Q. (1948). Demographic gravitation, evidence and applications. *Sociometry*, 11(1–2), 31–58.

144. Strange R, Zucchella A. Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinatl Bus Rev* 2017; 25(3):174–84.
145. Sustainable Logistics – An Introduction to the Concept. URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/energy-efficiency>
146. Teter J, Voswinkel F. Tracking transport URL: <https://www.iea.org/energy-system/transport>; 2024.
147. *The State Council of China*, (2022). China to promote development of modern logistics. https://english.www.gov.cn/policies/latestreleases/202212/15/content_WS639ada84c6d0a757729e47de.html
148. Tinbergen, J. (1966). Shaping the World Economy: Suggestions for an International Economic Policy. *The Economic Journal*, 76, 301, 92–95.
149. Ugochukwu, N. A., Goyal, S. B., Rajawat, A. S., Verma, C., & Ill'es, Z. (2023). Enhancing logistics with the internet of things: A secured and efficient distribution and storage model utilizing blockchain innovations and interplanetary file system. *IEEE Access*, 12, 4139–4152. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3339754>
150. Vural, C.A., Aktepe, Ç., (2022). Why do some sustainable urban logistics innovations fail? The case of collection and delivery points. *Research in Transportation Business & Management* 45, 100690.
151. Wang W-g, Ma Y-y. (2012). The efficiency of regional logistics industry in China-based on the three-stage DEA model using Malmquist-Luenberger index. *Syst Eng*; 3:66–75.
152. Wang X. at al. (2022). Regional differences and driving factors analysis of carbon emissions from power sector in China. *Ecol. Ind.* 142, 109297 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109297>
153. Wang, F., Zhuo, X., Niu, B., (2017). Strategic entry to regional air cargo market under joint competition of demand and promised delivery time. *Transp. Res. Part B Methodol.* 104, 317–336.
154. Wang, J., Liang, J. (2014). Study on construction of container liner network based on improved gravity model. *J. Wuhan Univ. Technol.*, 36(2), 76–81.

155. Wang, X., Wei, N., Zhang, D. (2015). A novel image encryption algorithm based on chaotic system and improved gravity model. *Optic Commun*, 338, 209–217.
156. Wong WP, Tang CF. The major determinants of logistic performance in a global perspective: evidence from panel data analysis. *Int J Logist Res Appl* 2018; 21(4):431–43.
157. Xia, W., Zhang, A., (2016). High-speed rail and air transport competition and cooperation: a vertical differentiation approach. *Transp. Res. Part B Methodol.* 94, 456–481.
158. Xie J, Chen C. (2022). Retracted article: supply chain and logistics optimization management for international trading enterprises using IoT-based economic logistics model. *Operations Management Research*; 15(3):711–24.
159. Xu A., Qian F., Ding H., Zhang X. (2023). Digitalization of logistics for transition to a resource-efficient and circular economy. *Resour. Policy.* 83. 103616. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103616>
160. Yan B., Dong Q., Li Q., Yang L., Amin F.U. (2022). A study on the interaction between logistics industry and manufacturing industry from the perspective of integration field. *PLoS One.* 17 (3). e0264585.
161. Yang, Z. W., Chen, X. H., Pan, R. X., & Yuan, Q. (2022). Exploring location factors of logistics facilities from a spatiotemporal perspective: A case study from Shanghai. *Journal of Transport Geography*, 100, Article 103318. <https://doi.org/10.1016/j>
162. YouControl. (2024). <https://youcontrol.com.ua/>
163. Yu Y, Wu P. (2010). An empirical study on the efficiency of China's logistics industry and its factors. *Ind Econ Res*; 1:65–71.
164. Zhang J., Kang L., Li H., Ballesteros-Perez P., Skitmore M., Zuo J. (2020). The impact of environmental regulations on urban Green innovation efficiency: The case of Xi'an. *Sustain. Cities Soc.*, 57 , 102123, [10.1016/j.scs.2020.102123](https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102123)

165. Zhang S. Duan C. (2022). Clustering optimization algorithm for data mining based on artificial intelligence neural network. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1–16. 10.1155/2022/1304951
166. Zhao, S., Hafeez, M., & Faisal, C. M. N. (2022). Does ICT diffusion lead to energy efficiency and environmental sustainability in emerging Asian economies? *Environmental Science and Pollution Research*, 29(8), 12198–12207. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16560-0>
167. Zhao, Y., Lin, G. (2008). A study on the flow and potentiality of bilateral agricultural products trade between China and ASEAN-based on trade gravity model. *J. Int. Trade*, 12, 69–77.

ДОДАТКИ

Список публікацій за темою дисертації**Статті у наукових фахових виданнях України**

1. Бегей Б.В. Сутнісні характеристики регіональних логістичних систем. *Наукові перспективи*. 2024. № 6(48). С. 324-337. (0,58 д.а.).

DOI: [https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-6\(48\)-324-337](https://doi.org/10.52058/2708-7530-2024-6(48)-324-337)

URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/np/article/view/12766/12828>

2. Дмитришин Л.І., Бегей Б.В. Оцінка привабливості регіональних логістичних систем та їх ризик-фактори: гравітаційне моделювання. *Наука і техніка сьогодні*. 2024. № 13(41). С. 220-241. *Особистий внесок (0,6 д.а.): реалізовано гравітаційну модель оцінки привабливості РЛС з урахуванням факторів сталого розвитку (0,92 д.а.).*

DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13\(41\)-220-241](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-13(41)-220-241)

URL: <http://perspectives.pp.ua/index.php/nts/article/view/18131/18186>

3. Бегей Б.В., Петришак П.В. Побудова системи оцінки показників розвитку регіональних логістичних систем. *Грааль науки*. 2025. № 57. С. 256-269. *Особистий внесок (0,3 д.а.): розроблено перелік індикаторів для оцінки розвитку регіональних логістичних систем (0,58 д.а.).*

DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.10.2025.024>

URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/17.10.2025/45>

4. Бегей Б.В. Дослідження просторово-часової неоднорідності факторів впливу на розвиток регіональних логістичних систем за допомогою моделі GTWR. *Економіка та суспільство*. 2025. № 78. (0,5 д.а.).

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-78-112>

URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/6583/6522>

5. Бегей Б.В. Оцінка рівня розвитку регіональних логістичних систем на основі вдосконаленого методу ентропійної ваги. *Проблеми економіки*. 2025. № 3. С. 299-311. (0,46 д.а.).

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2025-3-299-311>

URL: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2025-3_0-pages-299_311.pdf

Матеріали наукових конференцій

6. Русин Р.С., **Бегей Б.В.** Використання інформаційних технологій Data Science для малих підприємств. *Сучасний стан та перспективи розвитку науки : матеріали Міжнародної наукової конференції* (Т.1) (Ужгород, 18 грудня, 2020 р.). Ужгород, Україна: Молодіжна наукова ліга, 2020. С. 39-40. *Особистий внесок (0,05 д.а.): запропоновано використання Data Science для аналізу підприємств (0,08 д.а.).*

7. Бегей Б.В. Контент-аналіз регіональної логістичної системи. *Новітні підходи до забезпечення економічної стабільності: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Східноєвропейський центр наукових досліджень. (Суми, 14 червня 2024 р). Research Europe, 2024. С.12-17. (0,25 д.а.)

URL: <https://researcheurope.org/wp-content/uploads/2024/06/re-14.06.2024.pdf>

8. Бегей Б.В. Гравітаційна модель оцінки привабливості регіональних логістичних систем. *Economics, finance, accounting and law: strategic priorities for development in the context of globalization: International scientific-practical conference*. Scholarly Publisher ICSSH. (Aarhus, Denmark, December 21, 2024). Aarhus, Denmark, 2024. С.34-36. (0,13 д.а.)

URL: <https://www.economics.in.ua/2024/12/21.html>

9. Бегей Б.В. Застосування удосконаленого методу ентропійної ваги для оцінки розвитку регіональних логістичних систем. *Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці: матеріали IX Міжнародної науково-методичної конференції*. (Чернівці, 24 - 25 квітня 2025 р.). С.23-24. (0,08 д.а.)

URL: <https://drive.google.com/file/d/1BZgCXeBLUATBjBthJDZqEzkZ2yZmWU2B/view>

10. Бегей Б.В. Застосування моделі GTWR для дослідження впливу факторів на регіональні логістичні системи. *Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції форуму молодих економістів-кібернетиків.* (Львів, 21-22 листопада 2025 р.). С.91-93. (0,08 д.а.)

URL: https://econom.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/12/2025_Zbirnyk-OK-NEW-1.pdf

Додаток Б
Таблиця Б.1

Таблиця відстаней між головними містами України [65]

Місто	Вінниця	Дніпро	Донецьк	Житомир	Запоріжжя	Івано-Франківськ	Київ	Кропивницький	Луганськ	Луцьк	Львів	Миколаїв	Одеса	Полтава	Рівне	Суми	Тернопіль	Ужгород	Харків	Херсон	Хмельницький	Черкаси	Чернівці	Чернігів
Вінниця		571	812	126	637	373	266	317	972	387	369	466	429	576	313	611	239	593	720	533	122	340	312	423
Дніпро	571		250	630	89	952	479	246	401	888	948	329	463	183	814	366	818	1 172	222	316	701	326	891	585
Донецьк	812	250		880	243	1 202	729	496	151	1 138	1 198	579	713	391	1 064	488	1 068	1 422	283	535	951	576	1 141	826
Житомир	126	630	880		719	459	140	434	987	261	407	592	555	494	187	485	325	679	638	659	208	352	398	297
Запоріжжя	637	89	243	719		1 018	568	314	394	977	1 014	352	486	277	903	460	884	1 238	303	292	767	415	957	674
Івано-Франківськ	373	952	1 202	459	1 018		599	698	1 353	273	135	785	658	953	292	944	137	301	1 097	856	251	721	143	756
Київ	266	479	729	140	568	599		299	836	398	544	517	480	343	324	339	465	819	487	584	348	201	538	151
Кропивницький	317	246	496	434	314	698	299		647	692	694	180	337	251	618	434	564	918	395	251	447	126	637	436
Луганськ	972	401	151	987	394	1 353	836	647		1 245	1 349	730	864	493	1 171	535	1 219	1 573	303	686	1 102	727	1 292	873
Луцьк	387	888	1 138	261	977	273	398	692	1 245		152	853	816	752	70	743	164	432	896	920	268	610	336	555
Львів	369	948	1 198	407	1 014	135	544	694	1 349	152		843	743	898	215	889	127	278	1 042	910	247	717	278	701
Миколаїв	466	329	579	592	352	785	517	180	730	853	843		134	488	779	671	713	1 067	551	71	596	368	642	671
Одеса	429	463	713	555	486	658	480	337	864	816	743	134		596	742	779	676	959	685	205	559	453	515	634
Полтава	576	183	391	494	277	953	343	251	493	752	898	488	596		678	185	819	1 173	144	499	702	271	892	412
Рівне	313	814	1 064	187	903	292	324	618	1 171	70	215	779	742	678		669	158	495	823	846	195	536	331	481
Суми	611	366	488	485	460	944	339	434	535	743	889	671	779	183	669		810	1 164	185	682	693	343	883	338
Тернопіль	239	818	1 068	325	884	137	465	564	1 219	163	127	713	676	819	158	810		353	963	780	117	587	176	622
Ужгород	593	1 172	1 422	679	1 238	301	819	918	1 573	432	278	1 067	959	1 173	495	1 164	353		1 317	1 134	417	941	444	976
Харків	720	222	283	638	303	1 097	487	395	303	896	1 042	551	685	144	823	185	963	1 317		538	846	415	1 036	523
Херсон	533	316	535	659	292	856	584	251	686	920	910	71	205	499	846	682	780	1 134	538		663	411	713	738
Хмельницький	122	701	951	208	767	251	348	447	1 102	268	247	596	559	702	192	693	117	471	846	663		470	190	505
Черкаси	340	326	576	352	415	721	201	126	727	610	717	368	453	271	536	343	587	941	415	411	470		660	311
Чернівці	312	891	1 141	398	957	143	538	637	1 292	336	278	642	515	892	331	883	176	444	1 036	713	190	660		695
Чернігів	423	585	826	297	674	756	151	436	873	555	701	671	634	412	481	338	622	976	523	738	505	311	695	

Таблиця Б.2

Дані для розрахунку логістичного залучення I_{ij} у 2021 році
(обчислено на основі [23])

Область	Обсяг перевезених вантажів автомобільним транспортом, тис. т, Q	Валовий регіональний продукт, млн. грн. P
Вінницька	6424,9	173531
Дніпропетровська	34076,6	582363
Донецька	18786,7	283326
Житомирська	2106,4	113919
Запорізька	6928	228906
Івано-Франківська	8311,9	119680
Київська*	37941,3	1567895
Кіровоградська	9783,1	99564
Луганська	1732,9	52135
Волинська	5809,5	92535
Львівська	12672,4	296182
Миколаївська	7039,8	124162
Одеська	11875,4	271669
Полтавська	8486,3	266694
Рівненська	4893,9	88859
Сумська	1990,7	105254
Тернопільська	4096,1	81485
Закарпатська	6280,1	75626
Харківська	11607,6	319796
Херсонська	3594,2	88182
Хмельницька	7304,1	119876
Черкаська	7268,4	131154
Чернівецька	1821	54582
Чернігівська	1740,9	113474

* Київська обл. разом з м. Київ

Таблиця Б.4

Класифікація логістичної привабливості за формулою 3.2 (розроблено автором)

[illegible]

Таблиця Б.5

Показники для розрахунку ризик-факторів політики сталого розвитку у 2021 році (сформовано на основі [23])

Область	Економічний ризик-фактор		Соціальний ризик-фактор		Екологічний ризик-фактор		Площа областей (кв. км)
	Вантажообіг автомобільного транспорту (тис.ткм)	Обсяг перевезених вантажів автомобільним транспортом (тис. т)	Пасажирообіг автомобільного транспорту (тис. пас.км)	Кількість перевезених пасажирів автомобільним транспортом (тис. пас.)	Кількість викидів забруднюючих речовин (тонни)	Поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища (тис. грн.)	
Вінницька	1211617,5	6424,9	784113,2	48579,3	55155,1	357610,6	26 513
Волинська	2353412,5	5809,5	919704,5	31056,6	30821,4	354087,4	20 144
Дніпропетровська	2813662,5	34076,6	1436118,4	62782,4	133461,2	10997398,2	31 914
Донецька	594493,4	18786,7	922724,5	89043,1	51334,1	1389166,4	26 517
Житомирська	589729,4	2106,4	703476,7	36726,5	46757,8	282791,2	29 832
Закарпатська	4321029,9	6280,1	375759,2	18275,8	39761,5	290010,0	12 777
Запорізька	1174584,6	6928,0	627536,6	47179,8	69333,9	2726842,3	27 180
Івано-Франківська	1120044,8	8311,9	677526,3	46644,8	37904,3	646415,5	13 900
Київська	2558818,0	9680,5	1571338,1	55138,1	137856,0	1539543,4	28 131
Кіровоградська	1035585,7	9783,1	347265,8	28734,3	40634,3	285877,5	24 588
Луганська	382468,0	1732,9	54072,2	3740,2	16196,4	450035,9	26 684
Львівська	4434461,2	12672,4	1354051,9	80793,5	83599,7	825218,6	21 833
Миколаївська	1203169,8	7039,8	812639,1	40414,8	46627,1	770411,2	24 598
Одеська	2390655,0	11875,4	1639409,5	48060,8	94516,7	627769,4	33 310
Полтавська	1821695,5	8486,3	564357,3	26467,8	77727,8	1063844,2	28 748
Рівненська	1738676,4	4893,9	622347,1	46338,4	32991,0	676085,1	20 047
Сумська	885499,4	1990,7	268136,7	35145,0	40998,1	759518,4	23 834
Тернопільська	854836,3	4096,1	580773,6	36339,4	31136,6	48716,7	13 823
Харківська	2668000,3	11607,6	798660,0	52277,3	100042,9	1465720,4	31 415
Херсонська	1094697,2	3594,2	379896,1	18651,8	40730,8	225108,8	28 461
Хмельницька	1244270,9	7304,1	376903,7	32556,3	42854,7	385866,4	20 645
Черкаська	2017547,3	7268,4	312086,7	27535,3	56620,2	272420,1	20 900
Чернівецька	626342,6	1821,0	428742,6	12968,9	22079,4	183266,7	8 097
Чернігівська	1073650,6	1740,9	296444,7	24049,2	29524,7	462515,6	31 865
м.Київ	6220849,1	28260,8	1893144,8	141397,6	188109,8	3604947,1	839

Таблиця Б.6

Розрахунок логістичної привабливості I'_{ij} за формулою 3.3 з рівновагими коефіцієнтами β_k (розроблено автором)

	Вінницьк	Дніпроп	Донецьк	Житомир	Запорізьк	Івано-Фр	Київська	Кіровоград	Луганська	Волинськ	Львівська	Миколаїв	Одеська	Полтавськ	Рівненськ	Сумська	Тернопіл	Закарпат	Харківськ	Херсонськ	Хмельницьк	Черкаськ	Чернівецьк	Чернігівськ
Вінницька																								
Дніпропетровська	67,86																							
Донецька	9,00	1690,08																						
Житомирська	16,85	12,00	1,65																					
Запорізька	4,36	3973,18	142,95	0,74																				
Івано-Франківська	7,97	21,78	3,66	1,13	1,52																			
Київська	937,98	5146,60	595,88	728,92	292,58	165,08																		
Кіровоградська	10,81	319,42	21,07	1,24	15,67	1,99	648,39																	
Луганська	0,11	11,15	21,09	0,02	0,92	0,05	7,70	0,21																
Волинська	4,00	13,53	2,21	1,89	0,89	7,18	202,26	1,09	0,03															
Львівська	30,73	82,88	13,92	5,44	5,79	204,88	755,58	7,59	0,19	87,34														
Миколаївська	4,49	160,25	13,88	0,60	11,19	1,41	194,66	26,28	0,15	0,65	4,62													
Одеська	19,54	298,66	33,78	2,51	21,66	7,41	833,44	27,67	0,39	2,60	21,94	157,05												
Полтавська	7,61	1341,17	78,80	2,23	46,78	2,48	1145,17	34,99	0,84	2,15	10,53	8,31	20,56											
Рівненська	4,95	13,02	2,04	2,98	0,85	5,07	246,83	1,11	0,03	47,72	35,31	0,63	2,55	2,14										
Сумська	0,63	31,04	4,68	0,21	1,57	0,23	108,65	1,08	0,07	0,20	1,00	0,41	1,11	14,16	0,20									
Тернопільська	6,51	9,90	1,56	0,76	0,68	17,69	91,95	1,02	0,02	6,75	77,68	0,57	2,36	1,13	5,81	0,11								
Закарпатська	1,51	6,86	1,25	0,25	0,49	5,22	42,33	0,55	0,02	1,37	23,07	0,36	1,67	0,78	0,84	0,07	1,27							
Харківська	7,98	1494,73	246,71	2,19	64,12	3,07	931,70	23,17	3,65	2,49	12,83	10,69	25,52	405,16	2,38	22,73	1,34	1,02						
Херсонська	1,24	62,99	5,89	0,18	5,90	0,43	55,34	4,90	0,06	0,20	1,44	54,96	24,33	2,88	0,19	0,14	0,17	0,12	4,06					
Хмельницька	65,59	35,36	5,15	4,86	2,36	13,83	430,42	4,27	0,07	6,55	53,87	2,15	9,04	4,02	10,33	0,38	21,35	1,87	4,54	0,63				
Черкаська	9,19	178,01	15,29	1,85	8,78	1,82	1405,34	58,49	0,16	1,38	6,96	6,15	14,99	29,38	1,44	1,70	0,92	0,51	20,55	1,79	3,78			
Чернівецька	1,14	2,48	0,41	0,15	0,17	4,84	20,51	0,24	0,01	0,47	4,83	0,21	1,21	0,28	0,39	0,03	1,07	0,24	0,34	0,06	2,41	0,22		
Чернігівська	1,23	11,46	1,54	0,54	0,69	0,34	516,31	1,01	0,02	0,34	1,51	0,38	1,59	2,63	0,37	0,36	0,17	0,10	2,68	0,11	0,68	1,95	0,04	

Таблица Б.7

Розрахунок ΔI_{ij}^{policy} після введення ризик-факторів політики сталого розвитку з рівноважними коефіцієнтами β_k

ΔI_{ij}^{policy}	Вінницька	Дніпропетровська	Донецька	Житомирська	Запорізька	Івано-Франківська	Київська	Кіровоградська	Луганська	Волинська	Львівська	Миколаївська	Одеська	Полтавська	Рівненська	Сумська	Тернопільська	Закарпатська	Харківська	Херсонська	Хмельницька	Черкаська	Чернівецька	Чернігівська
Вінницька																								
Дніпропетровська	0,00																							
Донецька	0,00	0,00																						>1,3
Житомирська	0,00	0,00	0,00																					>0,4
Запорізька	0,00	0,03	0,00	0,00																				>0,03
Івано-Франківська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00																			>0,01
Київська	0,61	1,33	0,07	0,62	0,17	0,15																		
Кіровоградська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26																	
Луганська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00																
Волинська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00															
Львівська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,10	0,00	0,00	0,01														
Миколаївська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00													
Одеська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00												
Полтавська	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00											
Рівненська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00										
Сумська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
Тернопільська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00								
Закарпатська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Харківська	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00						
Херсонська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Хмельницька	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
Черкаська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Чернівецька	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Чернігівська	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Таблиця Б.8

Дані для розрахунку кореляційних відношень (фрагмент)

X_{ij}^1	X_{ij}^2	X_{ij}^3	I'_{ij}	I_{ij}	ΔI_{ij}^{policy}
1,84E-05	4,36E-07	6,31E-07	67,8616	67,86116	6,49006E-06
8,49E-06	2,38E-07	2,5E-07	9,000562	9,000535	2,99187E-06
6,68E-05	3,91E-07	4,96E-08	16,85191	16,85153	2,23978E-05
4,44E-05	2,98E-07	3,54E-07	4,357487	4,357422	1,50065E-05
6,9E-05	6,36E-07	3E-07	7,971826	7,97164	2,32968E-05
0,001933	1,03E-05	5,68E-06	937,9753	937,3663	0,000649662
3,06E-05	2,99E-07	7E-08	10,80708	10,80697	1,03302E-05
5,88E-05	3,3E-07	2,55E-07	0,106616	0,106614	1,98054E-05
0,000143	8,95E-07	1,39E-07	4,002093	4,001901	4,80244E-05
0,000114	4,67E-07	1,11E-07	30,73441	30,73323	3,8193E-05
4,94E-05	4,98E-07	1,64E-07	4,487742	4,487667	1,66941E-05
4,3E-05	6,23E-07	4,88E-08	19,54445	19,54417	1,4553E-05
5,31E-05	4,52E-07	1,16E-07	7,605677	7,605541	1,78932E-05
0,000126	4,08E-07	2,5E-07	4,949139	4,94893	4,22371E-05
0,000133	1,95E-07	1,9E-07	0,625784	0,625757	4,43774E-05
0,000107	7,04E-07	2,77E-08	6,514956	6,514722	3,60394E-05
0,000383	9,8E-07	1,4E-07	1,506008	1,505815	0,00012805
5,2E-05	2,96E-07	1,14E-07	7,98365	7,983511	1,74837E-05
7,61E-05	4,36E-07	4,75E-08	1,243891	1,243859	2,55334E-05
5,87E-05	3,41E-07	1,07E-07	65,58904	65,58775	1,97131E-05
9,45E-05	3,3E-07	5,63E-08	9,194322	9,194031	3,16177E-05
0,000302	2,49E-06	2,51E-07	1,138512	1,138397	0,000101628
0,000138	2,36E-07	1,2E-07	1,230985	1,230929	4,60061E-05
...	...	...	...	...	...
0,000257	2,1E-07	1,13E-07	1,947184	1,95	8,57902E-05
0,000822	1,58E-06	5,04E-07	0,040661	0,04	0,000274746

Таблиця Б.9

Розрахунок кореляційних відношень

	X_{ij}^1	X_{ij}^2	X_{ij}^3	I'_{ij}	I_{ij}	ΔI_{ij}^{policy}
X_{ij}^1	1					
X_{ij}^2	0,843559	1				
X_{ij}^3	0,496042	0,579065	1			
I'_{ij}	0,109558	0,190989	0,565284	1		
I_{ij}	0,109411	0,190874	0,565192	1	1	
ΔI_{ij}^{policy}	0,999989	0,845349	0,499759	0,112039	0,111892	1

Таблица Б.10

Розрахунок логістичної привабливості I'_{ij} з коефіцієнтами β_k , розрахованими за формулою 3.8

	Вінницьк	Дніпроп	Донецьк	Житомир	Запоріжж	Івано-Франків	Київська	Кіровоград	Луганська	Волинська	Львівська	Миколаїв	Одеська	Полтавська	Рівненська	Сумська	Тернопіль	Закарпатська	Харківська	Херсонська	Хмельницька	Черкаська	Чернівецька	Чернігівська
Вінницька																								
Дніпропетровська	67,86																							
Донецька	9,00	1690,08																						
Житомирська	16,85	12,00	1,65																					
Запорізька	4,36	3973,18	142,95	0,74																				
Івано-Франківська	7,97	21,78	3,66	1,13	1,52																			
Київська	938,14	5146,90	595,90	729,10	292,63	165,12																		
Кіровоградська	10,81	319,42	21,07	1,24	15,67	1,99	648,46																	
Луганська	0,11	11,15	21,09	0,02	0,92	0,05	7,70	0,21																
Волинська	4,00	13,53	2,21	1,89	0,89	7,18	202,36	1,09	0,03															
Львівська	30,73	82,88	13,92	5,44	5,79	204,88	755,89	7,59	0,19	87,34														
Миколаївська	4,49	160,25	13,88	0,60	11,19	1,41	194,69	26,28	0,15	0,65	4,62													
Одеська	19,54	298,66	33,78	2,51	21,66	7,41	833,57	27,67	0,39	2,60	21,94	157,05												
Полтавська	7,61	1341,17	78,80	2,23	46,78	2,48	1145,38	34,99	0,84	2,15	10,53	8,31	20,56											
Рівненська	4,95	13,02	2,04	2,98	0,85	5,07	246,94	1,11	0,03	47,72	35,31	0,63	2,55	2,14										
Сумська	0,63	31,04	4,68	0,21	1,57	0,23	108,70	1,08	0,07	0,20	1,00	0,41	1,11	14,16	0,20									
Тернопільська	6,52	9,90	1,56	0,76	0,68	17,69	91,99	1,02	0,02	6,75	77,68	0,57	2,36	1,13	5,81	0,11								
Закарпатська	1,51	6,86	1,25	0,25	0,49	5,22	42,38	0,55	0,02	1,37	23,07	0,36	1,67	0,78	0,84	0,07	1,27							
Харківська	7,98	1494,73	246,71	2,19	64,12	3,07	931,87	23,17	3,65	2,49	12,83	10,69	25,52	405,17	2,38	22,73	1,34	1,02						
Херсонська	1,24	62,99	5,89	0,18	5,90	0,43	55,35	4,90	0,06	0,20	1,44	54,96	24,33	2,88	0,19	0,14	0,17	0,12	4,06					
Хмельницька	65,59	35,36	5,15	4,86	2,36	13,83	430,51	4,27	0,07	6,55	53,87	2,15	9,04	4,02	10,33	0,38	21,35	1,87	4,54	0,63				
Черкаська	9,19	178,01	15,29	1,85	8,78	1,82	1405,81	58,49	0,16	1,38	6,96	6,15	14,99	29,38	1,44	1,70	0,92	0,51	20,55	1,79	3,78			
Чернівецька	1,14	2,48	0,41	0,15	0,17	4,84	20,53	0,24	0,01	0,47	4,83	0,21	1,21	0,28	0,39	0,03	1,07	0,24	0,34	0,06	2,41	0,22		
Чернігівська	1,23	11,46	1,54	0,54	0,69	0,34	516,56	1,01	0,02	0,34	1,51	0,38	1,59	2,63	0,37	0,36	0,17	0,10	2,68	0,11	0,68	1,95	0,04	

Таблица Б.11

Розрахунок ΔI_{ij}^{policy} після введення ризик-факторів політики сталого розвитку з коефіцієнтами β_k , розрахованими за формулою 3.8 (розроблено автором)

[illegible]



Міністерство освіти і науки України
КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА

вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018; код згідно з ЄДРПОУ 02125266
тел. (+380-342) 75-23-51; факс (+380-342) 53-15-74; e-mail office@cnu.edu.ua; сайт https://cnu.edu.ua

29.04.2026 № 03.04.29/28

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи

Бегея Богдана Васильовича

на тему «Оцінка привабливості регіональних логістичних систем України

з урахуванням факторів сталого розвитку»

спеціальність 051 «Економіка»

У дисертаційній роботі аспіранта кафедри економічної кібернетики Карпатського національного університету імені Василя Стефаника Бегея Богдана Васильовича, представлений на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 Економіка, розроблено теоретико-методичні засади та прикладні рекомендації щодо аналізу та оцінки сучасного стану та тенденцій формування регіональних логістичних систем в Україні, виявлення їх проблем та перешкод, розроблення теоретичних і практичних рекомендацій щодо їх подолання та покращення з урахуванням чинників сталого розвитку.

В дослідженні проаналізовано сутність, функції та складові регіональних логістичних систем; досліджено світовий і вітчизняний досвід формування і розвитку регіональних логістичних систем; оцінено стан і проблеми регіональної логістики в Україні; запропоновано критерії та показники оцінки ефективності регіональних логістичних систем; досліджено просторово-часову неоднорідність факторів впливу на розвиток регіональних логістичних систем; узгоджено цілі сталого розвитку та розвитку регіональних

логістичних систем; оцінено привабливість регіональних логістичних систем з врахуванням факторів сталого розвитку.

Основні результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес Карпатського національного університету імені Василя Стефаника при викладанні навчальних дисциплін «Економіка сталого розвитку», «Логістичні системи», «Технології багатомірного аналізу даних» для студентів спеціальності С1 Економіка та міжнародні економічні відносини на економічному факультеті. Отримані наукові результати використовуються під час підготовки здобувачів вищої освіти, у науково-дослідній роботі кафедри економічної кібернетики, а також при розробці регіональних логістичних проєктів.

Проректор з науково-педагогічної роботи
і міжнародної діяльності

Карпатського національного університету
імені Василя Стефаника
кандидат хімічних наук, доцент



Лілія ТУРОВСЬКА

Завідувач кафедри економічної кібернетики
доктор економічних наук, професор

Леся ДМИТРИШИН

ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КАРАВАН-К»

77300, Івано-Франківська обл., м.Калуш, вул. Окружна ,9
ЄДРПОУ 37262333, ІПН 372623309065 ,свідоцтво платника ПДВ 100311534
п/р UA703006140000026005500157166 ПАТ"Креді Агріколь Банк"
тел/факс (03472) 62542 Ел.адреса: kozakevich_misha@ukr.net

Вих № 11/06/26 від 09.06.2026

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи
Бегея Богдана Васильовича
на тему «Оцінка привабливості регіональних логістичних систем
України з урахуванням факторів сталого розвитку»
спеціальність 051 «Економіка»

Результати дисертаційної роботи Бегея Богдана Васильовича на тему «Оцінка привабливості регіональних логістичних систем України з урахуванням факторів сталого розвитку» на здобуття освітнього рівня доктора філософії за спеціальністю Економіка використано в роботі ТзОВ «КАРАВАН-К».

Реалізація методики інтеграції логістичних систем у стратегії сталого розвитку за допомогою комплексу економіко-математичних моделей оцінки привабливості регіональних логістичних систем з врахуванням факторів сталого розвитку дозволила визначити систему переваг, які узгоджуються з інтересами місцевої громади, ТзОВ «КАРАВАН-К», і актуалізують перехід до місцевих та регіональних цінностей, а також створює передумови для формування практики сталої логістики. Практичне використання розробленого методичного підходу дозволило не тільки визначити реальний поточний рівень фінансово-економічного стану ТзОВ «КАРАВАН-К», але й розробити заходи щодо оцінки екологічної ефективності. При цьому запропоновані інструменти оцінки розвитку регіональних логістичних систем забезпечили розуміння їх ролі у формуванні ендогенної складової економічного розвитку та зниженні витрат на логістику в реальній економіці.

В цілому результати дисертаційної роботи Бегея Богдана Васильовича, практичне використання яких створює передумови подальшого розвитку сталої логістики, заслуговують високої оцінки.



М.М.Козакевич